

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft =  
Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della  
Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 131 (1951)

**Vereinsnachrichten:** Sektion für Geophysik, Meteorologie und Astronomie

**Autor:** [s.n.]

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

### 3. Sektion für Geophysik, Meteorologie und Astronomie

Sitzung der Schweizerischen Gesellschaft für Geophysik,  
Meteorologie und Astronomie

Samstag und Sonntag, den 29. und 30. September 1951

*Vizepräsident:* Prof. Dr. MAX SCHÜRER (Bern)

*Sekretär:* J. C. THAMS (Locarno)

1. PETER KASSER (Zürich). – *Ein leichter thermischer Eisbohrer zur Einrichtung von Ablationsmessungen auf Gletschern.*

Beim Studium des Wasserhaushalts und des Bewegungsmechanismus von Gletschern ist die Ablation eine der wichtigsten Größen. Um die zu ihrer Messung notwendigen Holzstangen zu versetzen, müssen Löcher gebohrt werden, die tief genug sein sollten, um ganzjährige ungestörte Beobachtungen zu erlauben. In den Alpen ist bei günstigen Verhältnissen mit einer jährlichen oberflächlichen Abschmelzung bis etwa 15 m zu rechnen. Leichten mechanischen Bohrern von kleinem Durchmesser, die durch zwei Mann getragen und bedient werden können, ist an temperierten Gletschern in 4–5 m Tiefe praktisch eine Grenze gesetzt. Für größere Bohrlochlängen stehen nur die mechanischen und thermischen Geräte für Tiefbohrungen zur Verfügung, deren Gewicht 500–1000 kg übersteigt und deren Gebrauch entsprechend teuer ist. Die Zukunft gehört wahrscheinlich der elektrothermischen Methode, aus Zeit- und Kostengründen aber haben wir uns für das System von Calgiati entschlossen, um die Lücke zwischen den kleinen mechanischen und den Tiefbohrgeräten zu schließen. Das im Rahmen der Hydrologischen Abteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH gebaute Gerät besteht aus drei Hauptteilen. Das im *Ofen* aufgeheizte Wasser wird in geschlossenem Kreislauf durch ein isoliertes *Gestänge* auf den Grund des Bohrlochs in die *Heizspitze* geführt. Das Wasser wird durch ein mit Reinbenzin betriebenes Vulkangebläse in einem Drucktopf erhitzt und mittels einer in diesem eingebauten Handpumpe in Umlauf gesetzt. Zwischen Ofen und Heizspitze fließt das Wasser in Gummischläuchen von 4 mm lichtem Durchmesser. Das Gestänge besteht aus Elementen von je  $1\frac{1}{2}$  m Länge, die mittels Steckverschlüssen verbunden werden und durch Luftkammern isoliert sind. Zuunterst in der Heizspitze gelangt das Wasser innen an den Heizmantel und strömt diesem entlang in den Rücklaufschlauch zurück. Die ganze Ausrüstung



für eine normale Tagesarbeit, d.h. zum Installieren von drei Ablationsgestängen von je 15 m neben etwa 6 Stunden Marschzeit, kann in zwei Lasten von je 35 kg Gewicht getragen werden (1. Last: Ofen, mit 15 m Gestänge und Heizspitze, verpackt auf Räf; 2. Last: Zusatzwerkzeuge, Reinbenzin und 45 m Ablationsstangen auf Räf). In diesem Herbst wurden auf dem Aletschgletscher 180 m Löcher mit einer mittleren Vortriebsgeschwindigkeit von 13 m/h gebohrt, bei einem Brennstoffverbrauch von 13 l. Mit einer Vorlauftemperatur zwischen 100 und 110° C und einer Abkühlung im Kreislauf um 50° C zirkulierten 0,7 l Wasser in der Minute. Von den durchschnittlich bei der Verbrennung des Benzins stündlich freiwerdenden 6000 kcal wurden 2100 kcal dem Kreislauf zugeführt. Die aus Messing gedrehte Heizspitze ist 38 cm lang und hat eine Heizfläche von 313 cm<sup>2</sup>. Die Wärmedurchgangszahlen vom Heizwasser in der Spitze durch den Messingmantel an das außen aufsteigende Schmelzwasser betrugen mindestens 0,05 kcal/cm<sup>2</sup> · h · °C, bei direktem Kontakt des Messings mit Eis stieg dieser Betrag etwa auf den vierfachen Wert. Das allervorderste Teilstück der Spitze muß für die Vortriebsgeschwindigkeit maßgebend sein, die hinteren Teile dürfen nirgends hemmend wirken.

Das Ablationsgestänge besteht aus einer Reihe gelenkig verbundener Holzstäbe von je 1½ m Länge und 35 mm Durchmesser.

Das oben beschriebene Gerät ist mit geringen Kosten und einfachen Mitteln entstanden und ist vor allem in bezug auf Brennstoff- und Gewichtseinsparung leicht zu verbessern. Außer für Ablationsmessungen im Zehrgebiet sollen uns die Bohrungen auch noch zur Installation von Temperaturmessungen im Firngebiet dienen.

## 2. L. BENDEL (Luzern). — *Die geophysikalischen Untersuchungen in der Innerschweiz.*

Von den geophysikalischen Untersuchungen in der Innerschweiz werden behandelt:

Geoelektrische Untersuchungen  
Geoseismische Untersuchungen  
Verformungsmessungen des Bodens

### *Geoelektrische Untersuchungen, Auswertung der Meßergebnisse*

Die *rechnerische* Auswertung der Feldmessungen bot selten große Schwierigkeiten, wohl aber die geologische Deutung der Meßergebnisse.

a) *Morschach*. Bei der Projektierung des Tunneltrasses Brunnen-Sisikon war festzustellen, ob die epigenetische Rinne von Morschach bis zum Tunneltrasse reiche. Geoelektrische Untersuchungen ergaben, daß die alte Rinne höchstens 30 m mächtig ist. Zu einem großen Teil fließt das Wasser unterirdisch in den Vierwaldstättersee. In Probelöchern im Gehängeschutt oberhalb der Axenstraße wurde schon in 2 m Tiefe das auf Grund der geoelektrischen Messungen vermutete Grundwasser gefunden. Durch Färbversuche konnte der Zusammen-

hang zwischen den Senkgruben in Morschach und den Probelöchern nachgewiesen werden.

b) *Emmenfeld/Littauer Ebene*. In der Ebene von Littau, einer Schotterebene der Ur-Emme, sowie im Emmenfeld sind zahlreiche systematische geoelektrische Messungen durchgeführt worden.

Die in den Jahren 1947 bis 1951 durchgeführten geoelektrischen Messungen ergaben zwei verschiedene elektrische Bodentypen. Die nachherigen Rammsondierungen und Tiefbohrungen ergaben die Richtigkeit der geoelektrischen Mutung.

Viele geoelektrische Untersuchungen in der Molasse haben deswegen fehlgeschlagen, weil bei der Auswertung der Versuchsergebnisse der große Unterschied zwischen feuchtem und trockenem Mergel nicht berücksichtigt wurde und man sich nicht Rechenschaft gab, daß feuchter Mergel sogar kleinere elektrische Widerstände aufweisen kann als der wasserführende Alluvialschotter.

Die Messungen mit dem Wechselstrom von 40, 80, 160 und 320 Hz zeigten deutlich den Skin-Effekt, d. h. je höher die Frequenz gesteigert wurde, um so rascher verteilte sich der Strom in der Erde und um so weniger tief drang der Strom in die Tiefe nach unten. Der Widerstand steigt mit der Vergrößerung des Abstandes zwischen den Elektroden ungefähr in der dritten Potenz an und mit der Quadratwurzel aus der Frequenz.

#### *Geoseismische Untersuchungen*

Praktisch ergibt sich, daß bis zu 100 m Mächtigkeit der obersten Schichten die Auswertung nach dem Refraktionsverfahren die zuverlässigeren Resultate gibt als nach dem Reflexionsverfahren. Ab größerer Tiefe ist es umgekehrt.

a) *Feinstrukturen im Straßenuntergrund* (Luzern-Maihof). Bei einer Straße, die unter Frosthebungen litt, wurde eine alte Straßenbekiesung von 40 cm mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit  $v$  von  $v = 771$  m/s, darunter eine feuchte Lehmschicht von 1,21 m Mächtigkeit mit  $v = 480$  m/s, auflagernd auf sandigen Mergelfelsen mit  $v = 1420$  m/s ermittelt.

Die Bohrungen ergaben die Richtigkeit der seismischen Messungen.

b) *Tiefliegende Grundwasserstockwerke*. Der stetig steigende Bedarf an Trink- und Gebrauchswasser zwingt dazu, dort Untersuchungen auf tiefliegende Grundwasserstockwerke durchzuführen, wo die geologischen Verhältnisse solche vermuten lassen.

In der Littauer Ebene führten die seismischen Messungen zur Entdeckung eines solchen Grundwasserstockwerkes; leider war es aber zu wenig mächtig und die Wasserdurchlässigkeit zu klein, um wirtschaftlich ausgewertet werden zu können.

#### *Mißerfolge*

Bei der Auswertung der seismischen Diagramme wird stillschweigend vorausgesetzt, daß die Erschütterungswellen sich in einer Geraden fortpflanzen. Diese Annahme ist nur richtig, solange der Bodenelastizitätsmodul für eine bestimmte Schicht ein Festwert ist.

Diese Voraussetzung trifft aber für Lehmböden nicht zu und namentlich bei den obersten Schichten des Bodens, die aus feuchtem Sand bestehen. Die Kurvenform der Erschütterungswellen geht dann in den feuchten Sanden zur totalen Refraktion über, ohne einen tieferliegenden, zweiten Horizont getroffen zu haben. Es liegt der analoge Fall wie bei der Fata Morgana, bei Luftspiegelungen, vor. Über die Theorie der Kurvenform der Erschütterungswellen in Lockerböden vgl. L. Bendel, Ingenieurgeologie, Bd. I, 2. Auflage, 1948, sowie Bd. III, 1952.

*Messung der Verformung des Bodens infolge der Erschütterungswellen.* Von den neuartigen geophysikalischen Bodenuntersuchungen seien die Messungen der Kraftwirkung der Erschütterungswellen erwähnt. Der Meßvorgang ist folgender: In den Boden werden zwei rund 0,8 m lange Normalprofile von der U-Form betoniert. Der Abstand zwischen den beiden U-Eisen beträgt 4 m. Zwischen die U-Eisen wird ein Flacheisen hochkant gelegt von  $0,5 \times 10$  cm Abmessung. Auf das Flacheisen werden elektrische Dehnungsmesser geklebt. Trifft eine Erschütterungswelle den ersten U-Stab, so wird durch die Wucht der Erschütterungswelle das erste U-Eisen vorwärts bewegt; dadurch wird das Flacheisen zwischen den beiden U-Eisen zusammengedrückt. Aus dem elektrisch aufgezeichneten Verlauf der Verformung des Eisenstabes kann aus Affinitätsgründen auf den Verlauf des Impulses der Erschütterungswelle und auf die Stärke des Impulses geschlossen werden. Die Größe der Zusammendrückung konnte bis zu 0,002% Genauigkeit gemessen werden. Die Stoßkraft der Kompressionswelle in lehmig-kiesigem Boden wurde bis zu 0,15 kg/cm<sup>2</sup> ermittelt.

Zur Messung der Zusammendrückbarkeit diene der dynamische Recorder des Referenten, mit welchem gleichzeitig an vier Meßstellen die Größe der Zusammendrückung infolge der horizontalen Stoßkraft der Erschütterungswelle gemessen werden kann.

### 3. WILHELM FILCHNER (Zürich). — *Geographische Ortsbestimmungen in Nepal.*

Die «weißen Flecke» der Erdkarte, also diejenigen Gebiete, die in erdmagnetischer Hinsicht noch unerforscht sind, haben es mir seit über 48 Jahren angetan. Sie zu reduzieren, auszulöschen und nebenbei auch kartographisch zu erfassen, war der Zweck folgender Unternehmungen: Erste Tibet-Expedition quer durch China nach dem Oberlauf des Huan-gho 1903–05. Querung Spitzbergens 1908. Antarktische Expedition; Entdeckung Neulands und der die Weddellsee im Süden abschließenden Barriere, 1911/12. Zweite Tibet-Expedition 1926–28, ausgehend von Taschkent durch Sin-kiang nach Lan-tschou, von dort über Nga-tschu-ka nördlich Lhasa bis Leh. Dritte Tibet-Expedition 1934/38 quer durch China bis Lan-tschou und von dort aus Durchstoß über Chotan nach Leh. Auf diesen beiden letzten Expeditionen legte ich Hunderte von erdmagnetischen Stationen fest, von denen über hundert astronomisch bestimmt worden sind.

*Dieses dadurch geschaffene weitgespannte Netz magnetischer Meßpunkte, das Sin-kiang, Tibet und Nordwestchina umschloß, brachte ich damit automatisch zum Anschluß an das sowjetische, chinesische und angloindische Netz von magnetisch bestimmten Punkten, mit andern Worten, die vier großen Meßnetze des Kontinents sind miteinander in Verbindung gebracht worden.*

Ein halbes Jahr bevor der letzte Weltkrieg ausbrach, war ich nach Nepal berufen worden, um dort die magnetische Landesaufnahme durchzuführen.

Obwohl mitten in der Arbeit der Zweite Weltkrieg ausbrach und obwohl meinen Arbeiten in Nepal nur wenig Verständnis entgegengebracht wurde – ich erhielt plötzlich den Auftrag, mit der Feldwaage Gold und Petroleum aufzufinden –, gelang es mir, ausgedehnte Strecken in Westnepal, im Katmandutal und insbesondere das fieberversauchte Morangebiet magnetisch zu vermessen. Im ganzen wurden in Nepal an 777 Stationen erdmagnetische Messungen angestellt. Auf 27 dieser Punkte habe ich durch Gestirnsbeobachtungen geographische Ortsbestimmungen durchgeführt.

Leider sind die überaus zahlreichen Höhenmessungen, die ich mit Siedethermometer und Aneroiden ausgeführt hatte, verschwunden. Eine Rückgabe dieser Aufzeichnungen wäre im wissenschaftlichen Interesse sehr zu begrüßen.

Uns interessieren heute nur die in Nepal ausgeführten astronomischen Beobachtungen.

Als Instrument wurde der Kleine Hildebrand benutzt. Der Höhenkreis dieses Instrumentes gestattet mit Nonius eine Ablesung von 0,5'. Als Zeitmesser dienten sechs Taschenuhren. Ihr Stand wurde gegen die Weltzeit durch den Empfang drahtloser Zeitzeichen auf Kurzwelle bestimmt. Die Zeitzeichen wurden im Anschluß an Gestirnsbeobachtungen empfangen. Zur Kontrolle des Ganges wurden die Uhren täglich zweimal untereinander verglichen. Ferner wurde das bei den Gestirnsbeobachtungen benutzte Chronometer vor und nach der Beobachtung mit einer Ankeruhr verglichen.

Zur Bestimmung der geographischen Breite und Länge eines Punktes habe ich ausschließlich Messungen der Zenitdistanz von Gestirnen angestellt. Bei Tage wurde die Sonne beobachtet; es sind dabei zwei oder mehr Beobachtungssätze gemacht worden, wobei darauf geachtet wurde, daß die Azimutdifferenz der einzelnen Sätze nicht kleiner als 40° war. Es ist stets in beiden Kreislagen beobachtet worden, in jeder Lage ist sowohl der obere wie der untere Sonnenrand abwechselnd eingestellt worden; jeder Satz enthielt vier oder mehr Einzeleinstellungen. Bei Nacht wurden helle Sterne beobachtet, jeder Stern wurde in beiden Kreislagen je einmal eingestellt. Die Auswahl der Sterne ist so getroffen worden, daß neben dem Polarstern noch je ein Stern im Süden, Osten und Westen beobachtet wurde, was natürlich nur bei völlig klarem Wetter möglich war. Bei bewölktem Himmel mußte von dieser Regel abgesehen werden, doch wurde auch in diesem Falle auf günstige Ver-

teilung der Sternazimute geachtet. In einem Falle gelang eine Ortsbestimmung nur durch Beobachtung mehrerer Sterne, die in Wolkenlücken gefunden wurden, in nur einer Kreislage, doch ergab die Berechnung, daß auch hier eine einwandfreie Bestimmung der geographischen Koordinaten geglückt war.

Die Berechnung des gesamten in Asien und den Polargegenden gesammelten astronomischen Beobachtungsmaterials wurde von Prof. Dr. Erich Przybyllok durchgeführt, dem früheren Direktor der Königsberger Universitätssternwarte. Die berechneten Werte wurden veröffentlicht in den Schriften der Königsberger Gelehrten-Gesellschaft. Nebenbei bemerkt, wurde das von mir gewonnene erdmagnetische Beobachtungsmaterial von Prof. O. Venske, Potsdam, und später von Prof. Dr. Fanselau, dem Leiter des Geomagnetischen Observatoriums in Niemeck, berechnet. Beide Herren haben ihre Resultate in den Abhandlungen des Geophysikalischen Institutes Potsdam veröffentlicht. Auch die bevorstehende zusammenfassende Arbeit Prof. Dr. Fanselaus über meine Meßergebnisse und über das Resultat der Auswertung der Registrierbogen der ein Jahr lang in Nepal gelaufenen Registrierstation wird in der gleichen Zeitschrift erscheinen.

Die bei den astronomischen Ortsbestimmungen in Nepal erreichte Genauigkeit beträgt weniger als eine halbe Bogenminute.

Die detaillierten Ergebnisse meiner Beobachtungen nebst einer Erklärung des dabei angewandten Verfahrens sowie eine Beschreibung der Beobachtungsplätze sind in der Tabelle am Schlusse zusammengestellt, in der auch die Anzahl der jeweils benutzten Standlinien angegeben ist, die zwischen zwei und acht pro Station schwankt.

Ich habe grundsätzlich darauf verzichtet, die Berechnung der Ergebnisse selbst vorzunehmen, da ich wohl ein erfahrener Praktiker bin, aber nach meiner Überzeugung nicht über das Fachwissen eines Theoretikers verfüge. Und diese Arbeitsteilung ist gut so; denn die von mir ausgeführten Beobachtungen sind auf diese Weise in die Hände ausgezeichneten Experten gekommen, die bestimmt mehr aus den Beobachtungen herausholen können als ich.

Diese Arbeitseinteilung hat für mich, der ich zur Wohnsitznahme in Zürich und zum Verbleib in der Schweiz zugelassen worden bin, d. h. der ich meinen Lebensabend in der Schweiz verbringen kann, auch noch den weiteren Vorteil, hier in Ruhe mein in Asien gesammeltes wissenschaftliches Material auszuarbeiten und zu veröffentlichen.

Möge dieser astronomische Beitrag insbesondere der so erfolgreich begonnenen Schweizer Mission in Nepal von Nutzen sein.

#### **Zusammenstellung**

**der von W. Filchner in Nepal getätigten astronomischen Ortsbestimmungen**

Berechnet von Prof. Dr. E. Przybyllok

1. Katmandu. Zoologischer Garten.  
1939, März 21.: Breite  $27^{\circ} 40',8$ , Länge  $85^{\circ} 18',4$  (2).
32. Butwal. Lagerplatz nördlich des Ortes am Ostufer (Südrand).  
1939, April 7. und Mai 12.: Breite  $27^{\circ} 42',4$ , Länge  $83^{\circ} 27',5$  (8).

36. Riri-Bazar. Nahe Verbrennungsplatz, Einmündung in Kali-Gandaki.  
1939, April 12.: Breite  $27^{\circ} 55'.4$ , Länge  $83^{\circ} 26'.4$  (4).
41. Thanthap. Hauptlager Flußgabel.  
1939, April 20.: Breite  $28^{\circ} 12'.6$ , Länge  $83^{\circ} 37'.1$  (2).
134. Andhi-Khola<sup>1</sup>. Einmündung des Andhi-Khola in den Kali-Gandaki, zwischen Häusern und Badeplatz.  
1939, Mai 5.: Breite  $27^{\circ} 58'.3$ , Länge  $83^{\circ} 35'.0$  (4).
136. Tansing (Ost). Südrand des Exerzierplatzes zwischen großem Baum im Südwesten und Steinaufbau weiter östlich.  
1939, Mai 9.: Breite  $27^{\circ} 58'.7$ , Länge  $83^{\circ} 33'.2$  (2).
140. Amlekhganj. Zwischen Bungalow des Maharadscha und demjenigen, das 25,5 m von ersterem entfernt ist.  
1939, Mai 16./17., Dezember 5., und 1940, April 26.:  
Breite  $27^{\circ} 16'.4$ , Länge  $84^{\circ} 59'.0$  (10).
140. Chisapani-Garhi. Biwakplatz oberhalb Posten bei Rasthaus im Ostnordosten, ca. 200 m entfernt und 35 m höher liegend.  
1939, Mai 18.: Breite  $27^{\circ} 30'.3$ , Länge  $85^{\circ} 7'.6$  (2).
272. Hajminia. Dicht östlich Weggabel.  
1939, Dezember 11.: Breite  $26^{\circ} 45' 7$ , Länge  $85^{\circ} 19'.7$  (4).
278. Juribela. 57 m südsüdwestlich von Straßenkreuzung.  
1939, Dezember 14.: Breite  $27^{\circ} 6'.0$ , Länge  $85^{\circ} 22'.8$  (3).
294. Ostufer des Madha bei Bairia. Telegraphenmast.  
1939, Dezember 21.: Breite  $26^{\circ} 51'.5$ , Länge  $85^{\circ} 45'.0$  (5).
309. 250 m westlich Chisapani, auf Terrassenrand.  
1939, Dezember 27.: Breite  $26^{\circ} 55'.7$ , Länge  $86^{\circ} 7'.4$  (2).
315. Sirha. Ca. 50 m östlich Telefonstation.  
1939, Dezember 29.: Breite  $26^{\circ} 38'.8$ , Länge  $86^{\circ} 13'.2$  (3).
332. Betaha. Dicht westlich Flußgabel.  
1940, Januar 4.: Breite  $26^{\circ} 46'.0$ , Länge  $86^{\circ} 22'.1$  (4).
350. Hanumannagar. Im Hof der Telefonstation, 8 m nordöstlich vom Brunnen.  
1940, Januar 12.: Breite  $26^{\circ} 29'.6$ , Länge  $86^{\circ} 51'.7$  (2).
359. Übergangsstelle über den Sapt-Kosi-Fluß, Westufer, östlich Karhaja-Nord.  
1940, Januar 15.: Breite  $26^{\circ} 41'.6$ , Länge  $86^{\circ} 57'.8$  (2).
380. Biratnagar. Westufer Singahi bei Idol.  
1940, Januar 22.: Breite  $26^{\circ} 27'.1$ , Länge  $87^{\circ} 18'.4$  (2).
398. Chatra-Nord. Dicht am Sapt-Kosi.  
1940, Februar 1.: Breite  $26^{\circ} 50'.8$ , Länge  $87^{\circ} 9'.5$  (2).
422. Westufer Bakraha, westlich Rangeli.  
1940, Februar 8.: Breite  $26^{\circ} 28'.5$ , Länge  $87^{\circ} 28'.7$  (2).
445. Chetidangi. Ostufer Bakra-Khola.  
1940, Februar 13./14.: Breite  $26^{\circ} 44'.7$ , Länge  $87^{\circ} 39'.1$  (5).
481. Krischni-Khola. Straße Rangeli-Jhapa.  
1940, Februar 20.: Breite  $26^{\circ} 28'.2$ , Länge  $87^{\circ} 45'.5$  (2).
561. Balwa-Khola. Winkel, Ostufer.  
1940, Februar 28.: Breite  $26^{\circ} 36'.5$ , Länge  $87^{\circ} 49'.6$  (2).
600. Balbari-Nordwest.  
1940, März 5.: Breite  $26^{\circ} 28'.3$ , Länge  $88^{\circ} 0'.4$  (2).
642. Kanchanpur. Ostufer des Ghagra-Khola.  
1940, März 12.: Breite  $26^{\circ} 35'.3$ , Länge  $87^{\circ} 56'.1$  (3).
677. Dhulabari-Khola. Ca. 300 m nördlich Dhangargaon (größerer Ort, Karte stimmt nicht).  
1940, März 18.: Breite  $26^{\circ} 38'.7$ , Länge  $88^{\circ} 6'.9$  (2).
699. Ganjabari-Süd. Südufer, Bett des Tangtin-Khola.  
1940, März 23.: Breite  $26^{\circ} 46'.8$ , Länge  $87^{\circ} 59'.2$  (2).
731. 200 m östlich Karhaia, Sapt-Kosi, Westufer.  
1940, April 4.: Breite  $26^{\circ} 43'.7$ , Länge  $86^{\circ} 59'.9$  (2).

---

<sup>1</sup> Khola bedeutet Fluß.



4. MAX SCHÜRER (Bern). — *Das Geoid in der Schweiz.*

Die Schweizerische Geodätische Kommission hat in den letzten Jahren durch astronomisches Nivellement zwei senkrecht aufeinanderstehende Geoidschnitte im Meridian des Gotthards und im Parallel von Zürich bestimmt und zu diesem Zwecke jeweils nur eine Komponente der Lotabweichung gemessen. Eine Untersuchung sollte abklären, ob durch Berücksichtigung beider Komponenten, die die Tangentialebene an das Geoid festlegen, eine flächenhafte Bestimmung des Geoids praktisch möglich wäre. Da man es im Grunde mit der Lösung von partiellen Differentialgleichungen zu tun hat, treten größere praktische Schwierigkeiten auf. Durch Reduktion der Lotabweichungen um den Einfluß benachbarter Massen bis zu 5 km Entfernung wurden vorerst die durch einzelne Berge oder Täler hervorgerufenen Undulationen des Geoids so gut als möglich eliminiert. Die verbleibende Fläche muß einen glatteren Verlauf zeigen und ist eine gute Annäherung an das wahre Geoid. Es wurde versucht, sie durch ein Polynom in  $x$  und  $y$ :

$$z = a_{11}x^2 + 2a_{12}xy + a_{22}y^2 + a_{111}x^3 + 3a_{112}x^2y + \dots$$

darzustellen. (Das konstante und die linearen Glieder verschwinden wegen der Anfangsbedingungen.) Ein Polynom  $n$ -ten Grades erfordert die Bestimmung von  $\frac{(n+4)(n-1)}{2}$  unbekannten Koeffizienten  $a_{ik} \dots$ , die sich aus den Gleichungen

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \xi \text{ und } \frac{\partial z}{\partial y} = \eta$$

mit  $\xi$  und  $\eta$  als beobachtete Lotabweichungskomponenten in Breite und Länge nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmen lassen.

Unter Zugrundelegung einer Fläche vierten Grades und ganz unkritischer Verwendung schon vorliegender unhomogen verteilter Beobachtungen konnte die oben genannte Fläche festgelegt werden, die jedoch nur als vorläufig zu betrachten ist. Immerhin stellt sie auch die beiden genannten Geoidschnitte einigermaßen richtig dar. Das Geoid in der Schweiz läßt sich grob als wellenförmige Fläche beschreiben, wobei eine Welle dem Jura, eine zweite den Alpen entspricht und beide eine Höhe von 2 m erreichen. Diese Darstellung gilt in bezug auf das der schweizerischen Landesvermessung zugrunde gelegte Ellipsoid. Man kann umgekehrt daraus schließen, daß dieses Ellipsoid in Richtung des schweizerischen Mittellandes keine wesentliche Abweichung gegenüber einem bestanliegenden Ellipsoid für Mitteleuropa zeigen wird, daß jedoch im Nullpunkt der Landesvermessung eine südöstliche Lotabweichung von etwa 2" bis 4" bestehen dürfte.

5. FRITZ GASSMANN (Zürich). — *Über mechanische Empfänger von Seismographen und Schwingungsmessern mit einem Freiheitsgrad.*

Der mechanische Teil eines Seismographen oder Schwingungsmessers, «mechanischer Empfänger» genannt, besteht aus einem Pendel,

eventuell mit Hebelsystem (zusammen «Gehänge» genannt), das in einem «Gestell» montiert ist und kleine Schwingungen um eine stabile Gleichgewichtslage ausführen kann. Bisher wurde angenommen, die Bodenbewegungen und damit die Bewegungen des Gestelles seien ebenfalls klein. Es gibt Fälle, in denen diese Annahme nicht zutrifft, z. B. für Bodenbewegungen in der Umgebung des Epizentrums bei einem starken Erdbeben oder bei der Messung von Schwingungen von Fahrzeugen wie Automobilen, Schiffen oder Flugzeugen.

Die Theorie der mechanischen Empfänger kann vollständig entwickelt werden für Gehänge mit einem Freiheitsgrad, wenn die translatorischen und rotatorischen Bewegungen des Gestelles gar keinen Einschränkungen unterworfen sind. Es zeigt sich, daß alle noch so komplizierten mechanischen Empfänger mit einem Freiheitsgrad in ihrer Wirksamkeit als Seismographen einigen wenigen Grundtypen gleichwertig sind.

Eine ausführliche Arbeit darüber ist erschienen im *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, Serie A, Wien 1951.

**6. FRITZ GASSMANN (Zürich).** – *Dämpfung durch Abstrahlung elastischer Wellen und gedämpfte Stabschwingungen.*

In der Geophysik hat man es oft mit Stäben zu tun, die am einen Ende an einem «Träger» befestigt sind und die durch äußere Kräfte oder durch Vibrationen des Trägers zu Schwingungen angeregt werden. Als Beispiele seien erwähnt

- a) Gesteinsstäbe, deren Schwingungen zur Bestimmung der elastischen Konstanten der Gesteine benützt werden;
- b) schlanke Bauwerke oder Bauwerkteile wie Türme, Kamine, Säulen, die zu Schwingungen erregt werden durch Maschinen, Glocken, Verkehrserschütterungen, Erdbeben usw.

Die Gefährlichkeit solcher Schwingungen hängt ab von den Resonanzfrequenzen und von der Dämpfung des Stabes. Als Dämpfungsursache (oft als Hauptursache) spielt die elastische Nachgiebigkeit des Trägers eine Rolle, weil dadurch dem schwingenden Stab durch Abstrahlung elastischer Wellen in den Träger dauernd Energie entzogen wird. Man kann die dämpfende Wirkung der Abstrahlung für beliebige Träger erfassen, indem man die Bewegungen der als starr angenommenen Kontaktfläche zwischen Stab und Träger unter der Einwirkung von harmonischen Kräften und Drehmomenten betrachtet und in Form von Randbedingungen in die Gleichungen der Längs-, Torsions- und Biegungsschwingungen des Stabes einführt. Ist der Träger ein Körper einfacher Form, so können die Randbedingungen berechnet werden, ist der Träger ein kompliziertes Gebilde, wie z. B. der Untergrund unter einem Bauwerk es sein kann, so können die Randbedingungen mit Hilfe von Messungen mit Schwingungsmaschinen ermittelt werden. Natürlich können bei den Schwingungen des Stabes auch andere Dämpfungsursachen mitberücksichtigt werden.

Eine ausführliche Darstellung ist erschienen in der *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik* (ZAMP), Zürich 1951.



7. F. GASSMANN (Zürich), M. WEBER (Wohlen AG) und K. VÖGTLI (Zürich). – *Über Longitudinalschwingungen von Gesteinsstäben.*

Jede seismische Aufnahme ergibt vom erfaßten Untergrund ein Geschwindigkeitsprofil. Seine geologische Interpretation verlangt zuverlässige Daten über die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der elastischen Wellen. Die bisher verwendeten Tabellen enthalten vorwiegend Erfahrungswerte aus Feldmessungen. Sie haben daher vielfach weder die wünschenswerte Genauigkeit, noch ist eine ausreichende physikalische und petrographische Charakterisierung mitgegeben. Überdies sind von verschiedenen Materialien noch keine brauchbaren Messungen bekannt.

Man hat deshalb schon seit geraumer Zeit versucht, diese Tabellen durch Labormessungen zu ergänzen und zu verbessern. Für kristalline und sedimentäre Gesteine ergeben stabförmige Proben die einfachsten Versuchsbedingungen. Zu messen sind die Elastizitätsmoduli und die Dichte in Funktion des Momentanzustandes.

Im Folgenden soll kurz über einige Versuche mit Longitudinalschwingungen berichtet werden. Die Stäbe wurden zur Vermeidung eines merklichen Energieabflusses an zwei dünnen Fäden aufgehängt. Das eine Stabende wurde jeweils über ein Tauchspulensystem mit konstanter Kraft sinusförmig erregt, während die Geschwindigkeit des anderen Stabendes, ebenfalls über ein Tauchspulensystem, gemessen wurde. Die Frequenz der eingepprägten Kraft konnte von 30 bis 15 000 Hz praktisch stetig verändert werden. Gemessen wurde mit einer Kraftamplitude von 7,2 g\* bei einem Klirrfaktor von weniger als 3 %. Die damit erreichten Wegamplituden betrugen nie mehr als 5  $\mu$ . Diese Anordnung erwies sich, wie experimentell nachgewiesen wurde, als unempfindlich gegenüber unerwünschten Querschwingungen und kleinen Translationsbewegungen senkrecht zur Stabachse.

In dieser Weise wurden nun verschiedene trockene Proben ausgemessen. In der nachfolgenden Tabelle sind einige Daten zusammengestellt.

Material	Schwingung	Frequenz (Hz)	Elas.-t. Modul (kg*/cm <sup>2</sup> )	
Schwedengranit (Soervik)	Grundschwingung	3065	5,5 · 10 <sup>5</sup>	
	1. Oberschwingung	6140	5,5 · 10 <sup>5</sup>	
	2. Oberschwingung	8830	5,1 · 10 <sup>5</sup>	
		9420 aufgesp.	5,8 · 10 <sup>5</sup>	5,4 · 10 <sup>5</sup>
Tessiner Gneis (Maggia)	Grundschwingung	3290	3,1 · 10 <sup>5</sup>	
	1. Oberschwingung	6850	3,4 · 10 <sup>5</sup>	
Kalk (Roc-Argent, Lourdes)	Grundschwingung	4680	5,9 · 10 <sup>5</sup>	
	1. Oberschwingung	8760	5,2 · 10 <sup>5</sup>	
		9800 aufgesp.	6,5 · 10 <sup>5</sup>	5,8 · 10 <sup>5</sup>
Kalk (Laufen)	Grundschwingung	3290	5,5 · 10 <sup>5</sup>	
	1. Oberschwingung	6670	5,6 · 10 <sup>5</sup>	
	2. Oberschwingung	9150	4,7 · 10 <sup>5</sup>	
		10320 aufgesp.	6,0 · 10 <sup>5</sup>	5,3 · 10 <sup>5</sup>
Antikorrodal	Grundschwingung	4670	6,0 · 10 <sup>5</sup>	

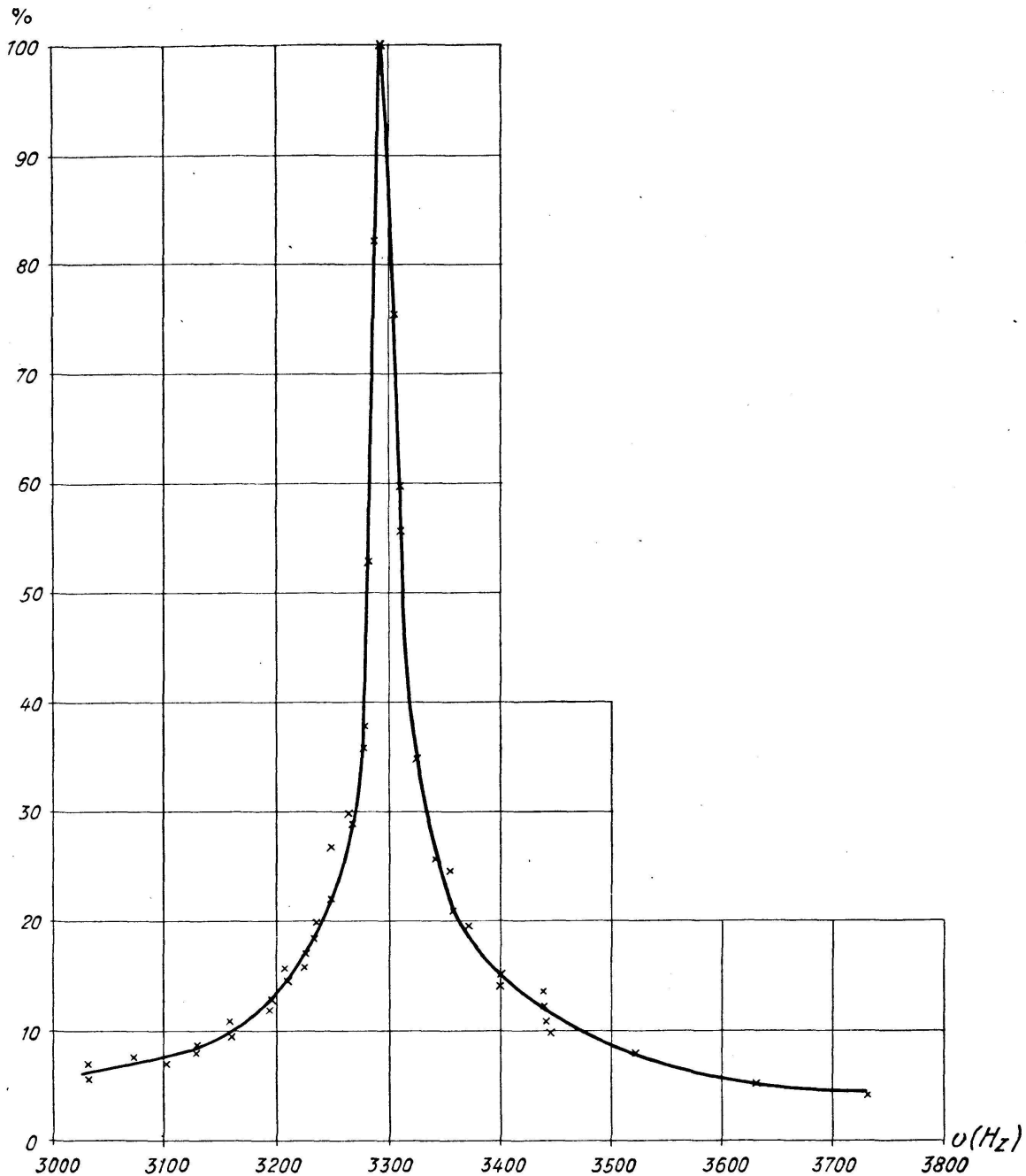


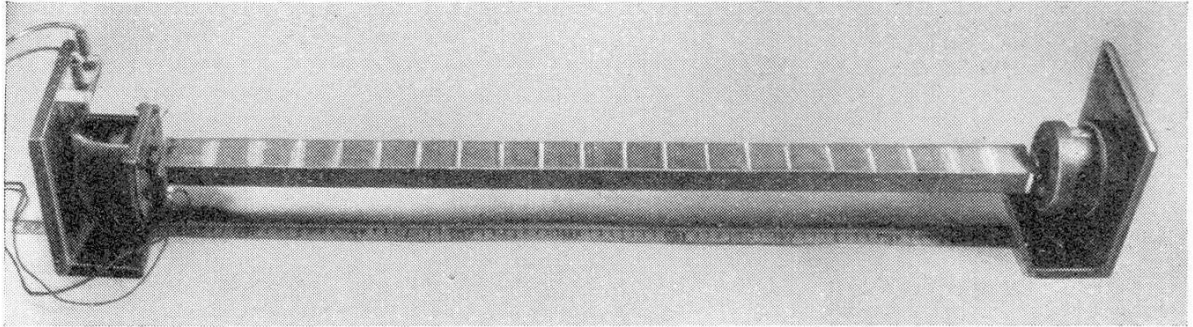
Fig. 1

Ausschnitt (Grundschiwingung) aus einer mit konst. Kraftamplitude (7,2 g\*) gemessenen Resonanzkurve (Gneis; Tessin).

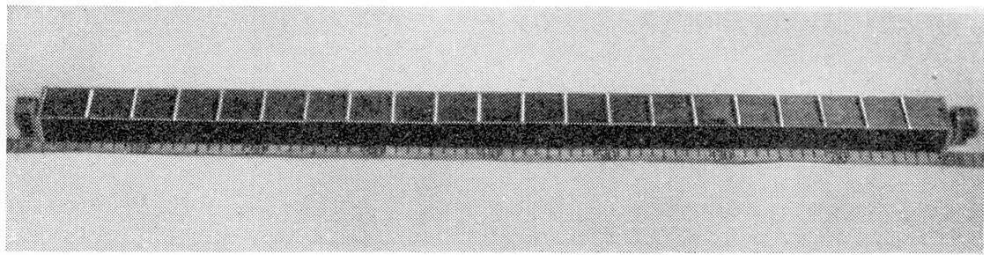
Die Elastizitätsmoduli wurden rechnerisch aus den Eigenfrequenzen bestimmt, die ihrerseits, was bei den kleinen Dämpfungen keine Schwierigkeiten verursachte, aus den gemessenen Resonanzkurven ermittelt wurden (Fig. 1). Die Oberschwingungen liegen nicht überall harmonisch, und die entsprechenden Abschnitte der Resonanzkurven weisen oft an Stelle eines zwei nahe beieinanderliegende Maxima auf. Ferner wurde bei allen Proben eine subharmonische Resonanz festgestellt. Ihre

Überhöhung ist im allgemeinen ungefähr dreifach. Die zugehörige Schwingungsform ist noch nicht ermittelt worden. Die Grundschiwingung wurde jeweils mit Lycopodiumpulver sichtbar gemacht (*Fig. 2*). Analoge Erscheinungen wurden von uns auch bei Torsionsschwingungen beobachtet.

Die Frage, wie eine ausreichende physikalische und petrographische, eventuell chemische Charakterisierung der Proben durchgeführt werden soll, ist heute noch nicht vollständig gelöst.



a



b

*Fig. 2*

Nachweis der Grundschiwingung mit Lycopodiumpulver (*a* = vor dem Versuch; *b* = nach dem Versuch).

**8.** F. GASSMANN (Zürich), M. WEBER (Wohlen AG) und K. VÖGTLI (Zürich). — *Beitrag zur Ermittlung der innern Dämpfung (Werkstoffdämpfung) von Gesteinsstäben.*

Von Jeffreys (Jeffreys = Maxwell + Voigt) und Sezawa (Lit. 1) sind zwei verschiedene isotrope Festkörper angegeben worden (andere Ansätze sind vereinfachende Annahmen an konkreten Beispielen oder Verallgemeinerungen, die physikalisch nichts wesentlich Neues enthalten). Beide sind lineare Gebilde und unterscheiden sich voneinander durch den Dämpfungsansatz.

Diese Festkörper bilden die Grundlage zur Bearbeitung von Aufgaben wie etwa die Ausbreitung von elastischen Wellen im homogenen Raum oder die Längs- oder Querschwingungen von Stäben usw., wobei sich schwierigere Probleme wie z. B. ein Fundamentalproblem der Seismik, d. h. die Ausbreitung eines Schußimpulses im geschichteten Halbraum, derzeit mathematisch nur teilweise bewältigen lassen.

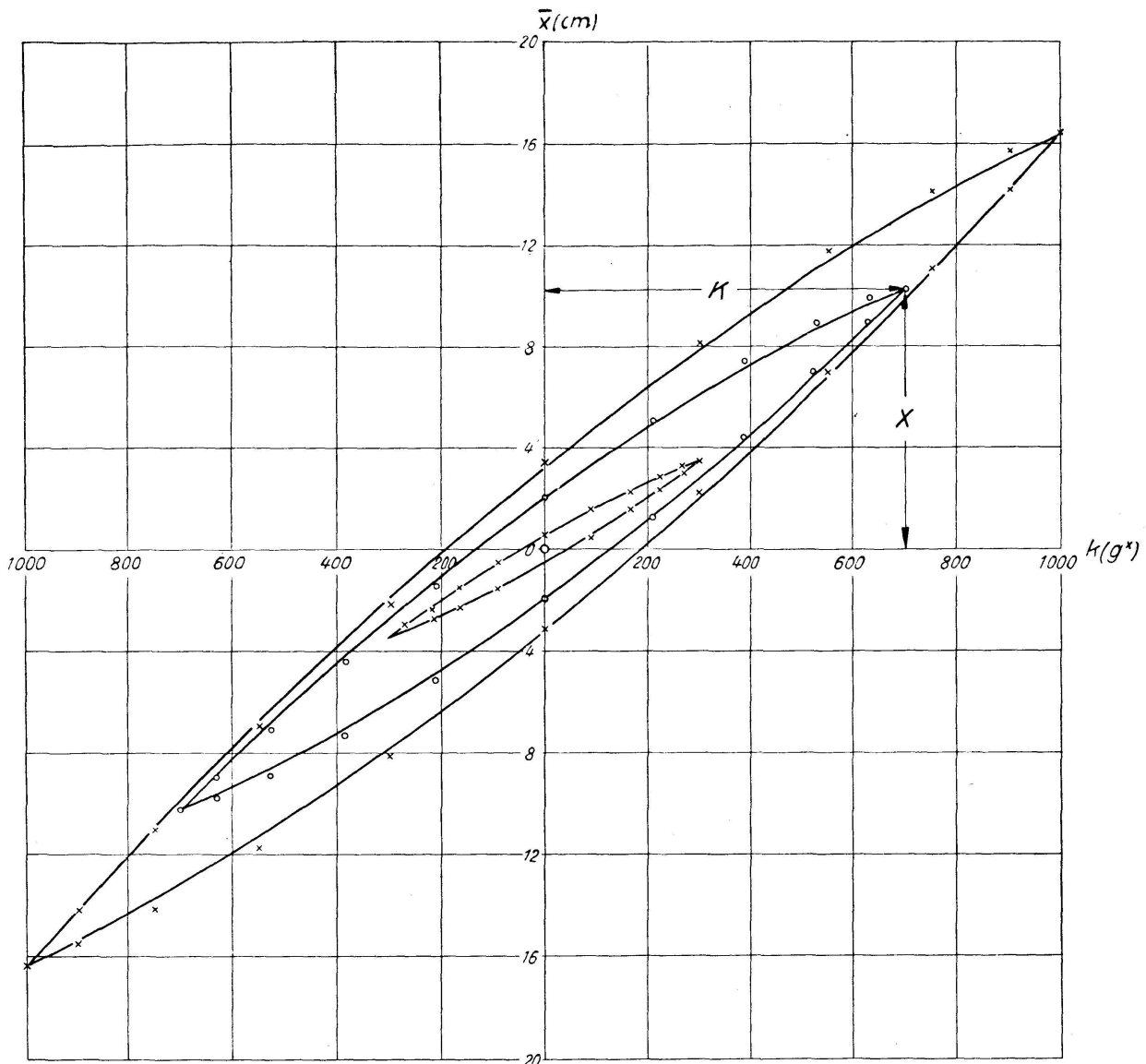


Fig. 1

Die Durchbiegung eines einseitig eingespannten Sandsteinstabes (Ostermundigen) in Funktion der eingepprägten Kraft  $k$  am freien Stabende ( $T = 400$  sec;  $\bar{x} = 223 \cdot x$ ).

Die Frage, in welchen Grenzen der eine oder andere Festkörper die verschiedenen experimentellen Befunde brauchbar darstellt, kann heute noch nicht abschließend beantwortet werden. Der nachfolgend kurz beschriebene Versuch möchte auch in diesem Sinne einen kleinen Beitrag liefern.

Die Theorie dieser Festkörper ergibt für die Bewegungsgleichung einer Masse  $M$ , die am freien Ende eines einseitig eingespannten Stabes aufmontiert und groß im Vergleich zur Stabmasse ist, eine gewöhnliche Differentialgleichung, d. h. der Stab benimmt sich wie eine Feder. Zur Aufstellung der Bewegungsgleichung ist daher nur die Kenntnis der Funktion  $x(k)$  bzw.  $k(x)$  ( $k$  = Kraft;  $x$  = Durchbiegung am freien Stabende) notwendig. In Fig. 1 sind z. B. die an einem Sandsteinstab gemes-

senen Werte graphisch aufgetragen. Sie entsprechen dem stationären Zustande, der, sofern man von der richtigen Nullage (ausgezeichnete Nullage) ausgeht, im ersten Umgang praktisch erreicht wird. Die Kraft wurde dabei sinusförmig mit einer Periode ( $T$ ) von 400 sec verändert.

Messungen mit größeren Perioden haben einen merklichen Frequenzgang ergeben, d. h. es dürfte insbesondere für sedimentäre Gesteine schwierig sein, die Funktion  $x(k)$  für  $T \rightarrow \infty$  (statisch) zu bestimmen, und daher sind auch alle entsprechenden Publikationen, die diesem Umstand keine Rechnung tragen, mit Vorsicht aufzunehmen.

Zur Durchführung von rechnerischen Überlegungen ist es erforderlich, diese Kurvenzweige durch Formeln auszudrücken. Dies ermöglicht eine dem Rayleighschen Grundgesetz für schwache Magnetfelder analoge Formulierung. Es ist, mit der in Lit. 2 verwendeten Bezeichnung,

$$\Delta X = f_1 \Delta K \pm f_2 \Delta K^2$$

Damit erhält man für die «mechanische Hystereseschleife» bzw. für  $x(k)$

$$x(k) = \varepsilon_1 k \pm f_2 (k^2 - K^2) \quad (1)$$

$$\varepsilon_1 = f_1 - 2 f_2 K.$$

Allgemein ist  $f_1 \gg f_2$ , d. h. der Stab wird mit abnehmender maximaler Kraft  $K$  steifer.

Der innere Energieverlust pro Zyklus (Periode) bzw. die Werkstoffdämpfung  $d_w$ , ergibt sich aus dem Flächeninhalt der geschlossenen Schleife. Es ist

$$d_w = \oint k(x) dx \cong 4 f_2 K^3 \quad (2)$$

Die Werkstoffdämpfung ist ferner proportional der Frequenz, von der Geometrie und der Beanspruchungsart des Stabes abhängig (Lit. 3) und wird im Stab vermutlich zur Umlagerung (irreversibler Auf- und Abbau) von inneren Spannungen verwendet.

In der nachfolgenden Tabelle sind für zwei verschiedene Gesteine einige Daten ( $T = 400$  sec) zusammengestellt.

Gesteinsart	$K$ (Dyn)	$\varepsilon_1$ (cm/Dyn)	$f_2$ (cm/Dyn <sup>2</sup> )	$d_w$ (Erg)
Sandsteinstab	$9,81 \cdot 10^5$	$7,49 \cdot 10^{-8}$	$14,9 \cdot 10^{-5}$	$5,62 \cdot 10^4$
(Breite = 3,9 cm	$6,87 \cdot 10^5$	$6,72 \cdot 10^{-8}$	$19,1 \cdot 10^{-15}$	$2,48 \cdot 10^4$
Höhe = 3,9 cm	$4,90 \cdot 10^5$	$6,03 \cdot 10^{-8}$	$23,3 \cdot 10^{-15}$	$1,10 \cdot 10^4$
Länge = 44,8 cm)	$2,94 \cdot 10^5$	$5,26 \cdot 10^{-8}$	$28,4 \cdot 10^{-15}$	$0,29 \cdot 10^4$
	$1,96 \cdot 10^5$	$4,80 \cdot 10^{-8}$	$36,3 \cdot 10^{-15}$	$0,11 \cdot 10^4$
Sandsteinstab	$9,81 \cdot 10^5$	$12,81 \cdot 10^{-8}$	$27,3 \cdot 10^{-15}$	$10,3 \cdot 10^4$
(Breite = 3,9 cm	$6,87 \cdot 10^5$	$10,90 \cdot 10^{-8}$	$33,3 \cdot 10^{-15}$	$4,32 \cdot 10^4$
Höhe = 3,9 cm	$4,90 \cdot 10^5$	$9,60 \cdot 10^{-8}$	$34,5 \cdot 10^{-15}$	$1,63 \cdot 10^4$
Länge = 51,5 cm)	$2,94 \cdot 10^5$	$8,45 \cdot 10^{-8}$	$44,3 \cdot 10^{-15}$	$0,45 \cdot 10^4$
	$1,96 \cdot 10^5$	$7,68 \cdot 10^{-8}$	$52,1 \cdot 10^{-15}$	$0,16 \cdot 10^4$
Sandsteinstab	$9,81 \cdot 10^5$	$21,4 \cdot 10^{-8}$	$39,6 \cdot 10^{-15}$	$14,9 \cdot 10^4$
(Breite = 3,9 cm	$6,87 \cdot 10^5$	$19,4 \cdot 10^{-8}$	$52,7 \cdot 10^{-15}$	$6,85 \cdot 10^4$
Höhe = 3,9 cm	$4,90 \cdot 10^5$	$16,7 \cdot 10^{-8}$	$55,0 \cdot 10^{-15}$	$2,60 \cdot 10^4$
Länge = 65,5 cm)	$2,94 \cdot 10^5$	$14,4 \cdot 10^{-8}$	$72,7 \cdot 10^{-15}$	$0,74 \cdot 10^4$
	$1,96 \cdot 10^5$	$13,0 \cdot 10^{-8}$	$84,3 \cdot 10^{-15}$	$0,25 \cdot 10^4$
Serpentinstab	$29,4 \cdot 10^5$	$1,12 \cdot 10^{-8}$	$\approx 0$	$\approx 0$
(Breite = 4,05 cm	Höhe = 2,2 cm	Länge = 60,0 cm)		

Ist  $P = P_0 \sin(\omega t + \Phi)$  die eingeprägte Kraft am freien Stabende, so lautet die Differentialgleichung der Bewegung der Masse  $M$

$$M\ddot{x} + k(x) = P_0 \sin(\omega t + \Phi) \quad (3)$$

Aus dieser Gleichung, die nicht linear ist, entnimmt man, daß keiner der eingangs erwähnten linearen isotropen Körper für die Querschwingungen von Gesteinsstäben (insbesondere sedimentäre) eine befriedigende Näherung ergeben kann.

Vernachlässigt man den kleinen Term mit  $k^2$ , so geht die Werkstoffdämpfung in die Coulombsche Dämpfung (trockene Reibung, Lit. 4) über, und aus Gleichung (3) folgt

$$M\ddot{x} + \frac{1}{\varepsilon_1} (x \pm f_2 K) = P_0 \sin(\omega t + \Phi)$$

oder mit  $\frac{1}{\varepsilon_1} = \omega_0^2 M$ ;  $\frac{f_2}{\varepsilon_1} K = \omega_0^2 M x_f$  und  $P_0 = \omega_0^2 a M$

$$\ddot{x} + \omega_0^2 (x \pm x_f) = a \omega_0^2 \sin(\omega t + \Phi). \quad (4)$$

Die periodische Lösung von Gleichung (4), die durch die Randbedingungen

$$t = 0 : x = x_0 ; \dot{x} = 0$$

$$t = \frac{\pi}{\omega} : x = -x_0 ; \dot{x} = 0$$

festgelegt wird, läßt sich unter der Voraussetzung, daß  $x$  nur am Rande und sonst nirgends verschwindet, geschlossen darstellen.

Es ist für  $+x_0 \geq x \geq -x_0$

$$x = x_0 \cos \omega_0 t + x_f (1 - \cos \omega_0 t) + \frac{a \beta^2}{\beta^2 - 1} \left[ \cos \Phi \left\{ \cos \omega t - \cos \omega_0 t \right\} + \sin \Phi \left\{ \frac{\sin \omega_0 t}{\beta} - \sin \omega t \right\} \right]$$

$$\beta = \omega_0 / \omega ; \cos \Phi = \frac{x_0}{a} \frac{\beta^2 - 1}{\beta^2} ; x_0 = \sqrt{\left( \frac{\beta^2}{\beta^2 - 1} \right)^2 - \left( \frac{x_f}{a} \right)^2 \left( \frac{\beta \sin \beta \pi}{1 + \cos \beta \pi} \right)^2},$$

und für  $-x_0 \leq x \leq x_0$ , d. h. für die ansteigende Halbperiode ergibt sich dieselbe Lösung, jedoch mit umgekehrten Vorzeichen.

Die freien Schwingungen nehmen linear mit der Zeit ab (Lit. 5), ein Ergebnis, das für kleine Amplituden mit dem Experiment gut übereinstimmt.

#### Literaturverzeichnis

1. Gaßmann, F., Über kleine Bewegungen in nicht vollkommen elastischen Körpern. Schweiz. Bauzeitung, Nr. 4, 1949.
2. Wagner, Karl Willy, Einführung in die Lehre von den Schwingungen und Wellen. Dietrichsche Verlagsbuchhandlung, Wiesbaden, S. 505.

3. Denkhaus, G., Über die Werkstoffdämpfung bei Biegeschwingungen. Ing.-Arch., XVII. Bd., 4. Heft, 1949.
4. Den Hartog, J.P., Forced Vibrations with combined Viscous and Coulomb Damping. Phil. Mag. 7. Serie 9, 1930, S. 801–817.
5. Wiechert, E., Theorie der automatischen Seismographen. Weidemannsche Buchhandlung, 1903.

**9.** F. SCHMID (Oberhelfenschwil). – *Sechzig Jahre Zodiakallichtforschung.*

Der Unterzeichnete hat das Zodiakallicht mit seinen Begleiterscheinungen, den Gegenschein und die Lichtbrücke seit 1891 verfolgt. In 29 Beobachtungsbüchern, alle an Ort und Stelle eingeschrieben, sind über 3000 Aufnahmen enthalten. Dazu gesellen sich rund 3700 Dämmerungsaufnahmen. In dieser Sammlung sind auch eine große Zahl Tropenaufnahmen meiner zwei Reisen rings um Afrika und um die ganze Erde enthalten.

Die Ergebnisse dieser Beobachtungen weisen unzweideutig auf eine atmosphärisch-optische Reflexerscheinung unserer bedeutend abgeplatteten Erdatmosphäre hin. Die Abweichung des atmosphärischen Äquators gegen die Ekliptikebene erfolgt durch die zunehmende Retardation der rotierenden Atmosphäre gegen außen, bedingt durch die Attraktion der Sonne, des Mondes und der nächsten Planeten. Das Zurückbleiben der Meteorwölklein hinter der Erdrotation, speziell aber die Asymmetrien des Purpurlichtes bei schiefer Ekliptik lassen den Schluß zu, daß diese Retardation schon in relativ tiefen Atmosphärenschichten beginnt, so daß die höchsten Schichten gegen den atmosphärischen Linsenäquator voraussichtlich ganz zum Stillstande kommen. Dadurch gewinnt die kosmische Attraktion die Oberhand und verlegt den atmosphärischen Äquator nahezu oder ganz in die Ekliptikebene.

Die Reflexionsfähigkeit hoher Atmosphärenschichten wird wesentlich verstärkt durch das tägliche millionenfache Bombardement der Meteore und Sternschnuppen, die zum größten Teile zerstäuben und vergasen. Durch den Auftrieb der Zentrifugalkraft, besonders auch durch die erwähnte kosmische Attraktion werden diese ultramikroskopischen Massenteilchen in sehr große Höhen gelangen. Die reflektierende Staubwolke, welche das Zodiakallicht erzeugt, liegt daher nicht im Planetenraum um die Sonne, sondern als Zertrümmerung meteoritischer Substanz in unserer Atmosphäre selbst.

Mit dieser Erkenntnis werden alle Schwierigkeiten behoben, gewisse Eigenarten des Zodiakallichtes und seiner Begleiterscheinungen zu erklären, die man nicht kennt, sie ablehnt oder umgeht, weil sie nicht zur kosmischen Auffassung passen. Auch der scheinbare Widerspruch spektroskopischer Untersuchungen, gasartige oder feste Materie, klärt sich auf; denn beide Aggregate sind im Zodiakallichte enthalten.

Wir geben gerne zu, daß man das Zodiakallicht auch mit einer kosmischen Staubwolke um die Sonne bis zu einem gewissen Grade erklären kann. Wenn es sich aber darum handelt, die nördliche und



südliche Divergenz der Lichtachse zur Ekliptik und ihre nördliche und südliche Wanderung bis in den ersten Drittel der Pyramide, den zeitlichen und geographischen Effekt des Zodiakallichtes (nächtliche und jährliche Eigenbewegung, Verschiebung des Sternenhintergrundes in verschiedenen Breiten der Erde), die engen Beziehungen des Zodiakallichtes zur Dämmerung und auch das Mondzodiakallicht zu erklären, so kann die kosmische Auffassung nicht mehr standhalten.

**10. M. WALDMEIER (Zürich).** – *Die Vorbereitungen zur Sonnenfinsternis-Expedition der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 1952.* – Kein Referat eingegangen.

**11. ROBERT HAEFELI (Zürich).** – 1. *Zähigkeitsmessungen im Gletscher auf Grund der Kontraktionsgeschwindigkeit von kreisförmigen Schächten und Stollen.*

Neuere, in Eisstollen gemachte Erfahrungen sprechen dafür, daß bei der Bewegung der temperierten Gletscher die räumlich stetige Verformung des Eises die Regel und die unstetige (Scherbewegung) – gleichsam als Störungserscheinung – die Ausnahme bildet. Bei der ersten behält die Deutung der Bewegung als «zähes Fließen» nach wie vor ihre Berechtigung als eine der möglichen Arbeitshypothesen. Dabei verliert aber der Begriff der Zähigkeit seine klassische Bedeutung insofern, als die Zähigkeit des Gletschereises nicht nur von der Temperatur, sondern außerdem von andern, noch wenig erforschten Faktoren abhängt. Ganz abgesehen von strukturellen und chemischen Einflüssen steht z. B. die Frage zur Diskussion, inwieweit die Zähigkeit des temperierten Gletschereises eine Funktion des Spannungszustandes und damit orts- und zeitbedingt ist. Um die Prüfung solcher Fragen zu erleichtern, wurden Methoden entwickelt, welche gestatten sollen, den Gletscher hinsichtlich seiner Zähigkeitsverhältnisse abzutasten. Eine dieser Methoden besteht in der Messung der Kontraktionsgeschwindigkeit von Kreisschächten und Stollen.

Für den Fall des Halbraumes mit horizontaler Oberfläche und konstanter Zähigkeit wurde auf theoretischem Wege folgende angenäherte Beziehung zwischen der relativen Kontraktionsgeschwindigkeit  $v_r$ , eines kreisförmigen vertikalen Schachtes vom Radius  $r$ , dem Überlagerungsdruck  $p$  der betrachteten Scheibe und der Zähigkeit  $\mu$  des Mediums abgeleitet:

$$v_r = \frac{v}{r} \sim \frac{p}{2\mu} \quad (1)$$

Um diesen Zusammenhang, der unter gewissen Bedingungen auch auf einen tiefliegenden Stollen als grobe Näherungslösung übertragen werden kann, zu überprüfen, wurden in einem von der EOS ausgeführten, ca. 1 km langen Eisstollen des Z'Muttgletschers drei Kreisprofile von je 6 m Länge ausgehoben und deren Verformung während ca.



eines Jahres verfolgt. Die Kreisform blieb dabei weitgehend erhalten, woraus hervorgeht, daß quer zur Stollenachse ein annähernd hydrostatischer Spannungszustand vorherrscht, wie es der theoretischen Überlegung entspricht. Die Kontraktionsgeschwindigkeit nahm gegen das Stolleninnere rascher zu, als auf Grund des Überlagerungsdruckes zu erwarten war, und zeigte im Laufe eines Jahres nicht unerhebliche Schwankungen. Die Berechnung des Jahresmittels nach Gl. 1 ergab für die drei untersuchten Profile eine sehr ausgesprochene Abnahme der Zähigkeit von außen nach innen, und zwar von etwa 8 auf  $3,7 \cdot 10^{14}$  Poise. Diese Werte liegen höher als die nach Somigliana auf Grund der gemessenen Oberflächengeschwindigkeit bei bekannter Eistiefe (ca. 180 m) und Profilbreite (ca. 900 m) berechnete mittlere Zähigkeit des Gletschers ( $1,7 \cdot 10^{14}$  Poise) und deuten damit auf das Vorhandensein einer relativ starren Oberflächenkruste.

**12. ROBERT HAEFELI (Zürich). – 2. Zähigkeitsmessungen im Gletschereis auf Grund der Sinkgeschwindigkeit einer belasteten Kugel.**

Diese Methode liefert die Möglichkeit, die Zähigkeit des Gletschereises in einzelnen Punkten abzutasten. Solange die Kontaktspannung zwischen der belasteten Kugel und dem Eis kleiner bleibt als der Schmelzdruck  $p$ , erfolgt das Sinken der Kugel ohne Druckschmelzung, d. h. allein infolge des zähen Verhaltens des Mediums. Auf Grund des Stokeschen Gesetzes erhält man für die Sinkgeschwindigkeit der Kugel folgenden Näherungswert:

$$v \sim \frac{\sigma}{12\mu} \cdot d; \sigma < p \quad (2)$$

worin  $\sigma$  die mittlere spezifische Belastung, bezogen auf den Kugelquerschnitt, und  $d$  den Durchmesser der Kugel bedeuten. Der bloße Näherungscharakter dieser Beziehung ist u. a. dadurch bedingt, daß die Kugel nicht vollständig vom Eis umschlossen ist, indem die Last von oben durch einen Stab übertragen wird.

Wählt man  $\sigma$  größer als  $p$ , so tritt Druckschmelzung ein, für die sich bedeutend höhere Sinkgeschwindigkeiten ergeben. Da die Geschwindigkeitskurve – in Funktion von  $\sigma$  aufgetragen – beim Übergang zur Druckschmelzung einen relativ scharfen Knick aufweist, so kann auf diesem Wege nicht nur die Zähigkeit  $\mu$ , sondern auch der Schmelzdruck  $p$  ermittelt werden. Der letztere wird durch die Lokalisierung des Knickpunktes bestimmt, wozu mehrere Versuche mit geeigneten Belastungen erforderlich sind. Andererseits läßt sich aus dem Schmelzdruck auch die Temperatur des Eises berechnen.

Die Versuche wurden in einer kleinen Nische des Z'Muttstollens bei ca. 48 m Eisüberlagerung mit einer Metallkugel von  $10 \text{ cm}^2$  Querschnittfläche durchgeführt und zeigten bei den Belastungen von 10,0, 7,5 und 5,0 kg/cm<sup>2</sup> sehr große Sinkgeschwindigkeiten (0,07 bis 0,58 cm/Tag), die auf eine intensive Druckschmelzung schließen lassen. Nur die

kleinste Belastung von  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  ergab einen normalen Zähigkeitswert, der sich gut in die auf Grund der Kontraktionsgeschwindigkeit der Kreisprofile erhaltenen Werte einpaßt. Der Schmelzdruck lag ca. bei  $4,3 \text{ kg/cm}^2$ , einem Wert, der ziemlich genau mit dem Überlagerungsdruck des Versuchsortes übereinstimmt. Daraus berechnet sich eine Eistemperatur von  $-0,032^\circ\text{C}$ .

Die Versuche mit der sinkenden Kugel bestätigen die Bedeutung der Druckschmelzung für die Gletscherbewegung. Überall da, wo infolge einer Spannungskonzentration der örtliche Druck über die erste Hauptspannung der Umgebung ansteigt, muß aus Gründen des Temperaturausgleiches Druckschmelzung eintreten, wodurch die Fluidität bzw. Plastizität des Eises lokal erhöht wird. Daraus ergibt sich nicht nur die Notwendigkeit der thermodynamischen, sondern auch der hydrodynamischen Betrachtungsweise, d. h. die Berücksichtigung der in der flüssigen Phase wirksamen Spannungen. Es bleibt ferner zu prüfen, inwieweit die Erosionskraft des Eises durch die Druckschmelzung, die vor jedem festen Hindernis auftreten muß, örtlich herabgemindert wird, um zu einem bessern Verständnis der Rundhöckerbildung im Sinne von H. Carol zu gelangen.

Der Grande Dixence S.A. und den beteiligten deutschschweizerischen Kraftwerksgruppen, mit Motor-Columbus AG Baden an der Spitze, ist der Verfasser für Finanzierung, den Herren Ing. P. Kasser (Abt. für Hydrologie der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH Zürich), Riva, Grundbuchgeometer, und Walter für ihre aktive Mithilfe bei der Durchführung der Versuche besonders dankbar.

### 13. J. KOPP (Ebikon). – *Der heutige Stand der wissenschaftlichen «Erdstrahlenforschung».*

Als «Erdstrahlen» werden die mit Rute oder Pendel auf Grund ihrer physiologischen Reizwirkung feststellbaren physikalischen Bodeneinflüsse bezeichnet, ohne daß damit etwas Endgültiges über die Strahlen natur dieser Erdkräfte ausgesagt worden wäre. Die Zonen, auf denen diese physikalischen Kräfte wirksam sind, nennt man *Reizstreifen*.

Die Kenntnis der Erdstrahlen geht bis ins graue Altertum zurück. Wohl am intensivsten haben sich die Chinesen mit der Erdstrahlenkunde, Geomantie genannt, befaßt. Schweizer Universitätsprofessoren und Missionare aus China berichten, daß die Untersuchung von Bauplätzen auf gesundheitsschädliche Einwirkungen unterirdischer Wasserläufe noch heute gehandhabt wird.

Bis in die letzten Jahre ist selbst in wissenschaftlichen Kreisen der Behauptung Glauben geschenkt worden, die Erdstrahlen ließen sich mit physikalischen Mitteln nicht nachweisen. Diese Ansicht ist durch die neuern wissenschaftlichen Forschungen gänzlich überholt. *Erdstrahlenwirkungen* können auf vier Arten festgestellt werden:

1. Mit *Rute oder Pendel* (bei hochsensiblen Personen auch ohne diese Hilfsmittel).

2. Durch *Registrierung physiologischer Effekte* mit physikalischen Apparaten auf dem sich über Reizstreifen aufhaltenden Menschen.
3. Mit *Tier- und Pflanzenversuchen*.
4. Mit *geophysikalischen Apparaten*.

Mit der physiologischen und physikalischen Seite des Wünschelrutenproblems hat sich wohl am eingehendsten der holländische Geologieprofessor S. W. Tromp befaßt, der in seinen Werken «*Psychical Physics*» und «*Wichelroede en Wetenschap*<sup>1</sup>» über 700 Veröffentlichungen über die Wünschelrute mehr oder weniger berücksichtigt hat.

Die *Feststellung der Reizwirkungen* durch Bewegungen von Rute oder Pendel erfolgt zumeist durch eine motorische Indikation, indem die «Erdstrahlen» via den Thalamus, die Transformatoren- und Sendestation des Hirns in den Armmuskeln einen Muskelreflex auslösen. Die Rutenbewegung kann indessen nicht nur reflektorisch, sondern auch durch einen Willensakt erzeugt werden. Ferner können bei einzelnen Rutengängern psychogalvanische Reflexe auftreten. In praktischer Hinsicht führen die beiden letzteren Arten des Rutenausschlages oft zu Fehlresultaten, was indessen, wie die Erfahrung zeigt, durch die wissenschaftlichen Kritiker und Versuchsleiter viel zu wenig in Rechnung gestellt wird. Bei manchen geübten Rutengängern spielt die mentale Einstellung, z. B. auf unterirdische Wasserläufe, auf Klüfte, auf bestimmte Erzarten usw., eine wichtige Rolle, indem diese reizauslösenden Agentien nach einer gewissen Einübungszeit auseinandergehalten werden können. Dies deutet darauf hin, daß das menschliche Hirn wie ein Radioempfänger Wellen empfangen und auf Grund ihrer Wellenlänge unterscheiden kann. Ein großer Teil der Fehlresultate der Rutengänger erklären sich aus dem Unvermögen, nur bestimmte Reize empfangen und andere ausschalten zu können. Unzweifelhaft spielen indessen beim Wünschelrutenphänomen auch tageszeitliche und Witterungseinflüsse, ja selbst kosmische Konstellationen eine Rolle.

Durch zahlreiche Versuche am Menschen hat Tromp gezeigt, daß *physiologische Reaktionen* über Reizstreifen einwandfrei mit *physikalischen Instrumenten* registriert werden können. Messungen mit einem *Elektrokardiographen* an sich über Reizstreifen (z. B. unterirdischen Strömungen) aufhaltenden Versuchspersonen ergeben einen dem normalen Körperreaktionsstrom überlagerten *Induktionsstrom*. Die Versuche von Tromp an Menschen über Reizstreifen mit einem *Saitengalvanometer von Einthoven* zeigten *Veränderungen der Hautpotentiale*, welche mehr als 20 mV ausmachten. *Messungen des Hautwiderstandes* an sich über Reizstreifen (unterirdischen Wasserläufen) aufhaltenden Versuchspersonen ergaben eine sehr starke Reduktion desselben. Verschiedentlich sank an solchen Stellen der Hautwiderstand von 9000 Ohm auf 3000 Ohm herab. Bei nicht rutenfähigen Personen ist der Hautwiderstand bedeutend größer als bei rutenfähigen. Versuche mit einem Elmquist-

---

<sup>1</sup> Erscheint voraussichtlich in deutscher Sprache unter dem Titel Geobiologie.

spannungskardiographen über rutenaktiven Eisenröhren in modernen Häusern, in denen oft niederfrequente Wechselströme zirkulieren, führten zu einem deutlichen «Brumm»-Effekt.

Aus diesen Versuchen geht mit aller Deutlichkeit hervor, daß in Menschen, die der Reizstreifenwirkung ausgesetzt sind, physikalisch meßbare physiologische Veränderungen vor sich gehen; dies gilt sowohl für rutenfähige als nicht rutenfähige Menschen. Diese Beobachtungen eröffnen bedeutsame Perspektiven in die medizinische Seite des Wünschelrutenproblems, treten doch an den Reaktionsstellen bei Mensch oder Tier nicht selten gesundheitliche Störungen auf.

Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, daß manche Pflanzen über Reizstreifen Wachstumsveränderungen oder krankhafte Auswüchse erfahren. Daß Obstbäume über Reizstreifen zuweilen absterben, ist eine oft festgestellte Erscheinung.

Die Ärzte Gori, Jenny und der Biologe Lautenschlager haben durch Tierversuche einwandfrei festgestellt, daß Kaninchen, Mäuse und Meer-schweinchen bei langandauerndem Aufenthalt über Reizstreifen über unterirdischen Wasserläufen Störungen pathologischer Art erfahren, eine Erfahrung, die sich mit überaus zahlreichen Beobachtungen an den Reizstreifen ausgesetzten Menschen deckt.

Reizstreifen bzw. unterirdische Wasserläufe und geologische Klüfte können mit *geophysikalischen Geräten* mannigfacher Bauart festgestellt werden. Auf Grund der Erfahrung, daß über unterirdischen Wasserläufen eine meßbare Ablenkung der Magnetnadel auftritt, lassen sich solche Störungen des erdmagnetischen Feldes mittels des *Doppelkompasses* oder des *magnetischen Lokalvariometers* ermitteln. Aus den Beobachtungsergebnissen ergibt sich ein für unterirdische Wasserströmungen typisches Kurvenbild, das eine genaue Lokalisierung derselben erlaubt.

Reiter stellte mit einem Elektrometer mit Flammensonde fest, daß das Luftpotential über unterirdischen Wasserläufen eine deutlich meßbare Veränderung erfährt. Die von ihm veröffentlichten Meßkurven zeigen eine frappante Übereinstimmung zwischen Reizstreifen und Erhöhung der Feldstärke über einem Quellauf.

Lehmann fand mit dem *Wulffschen Einfadenelektrometer* über durch unterirdische Wasserläufe bedingten Blitzeinschlagstellen an einer Hochspannungsleitung eine auffällige Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft, welche örtlich mit den Rutenausschlagsstellen zusammenfiel. In Italien hat de Vita mit einem *Elektrometer mit thermo-ionischen Ventilen* die Zonen ionisierter Luft über rutenaktiven unterirdischen Wasserläufen kontrolliert. In Frankreich führte Ing. Cody in Le Havre an Stellen von Krebstodesfällen in Wohnungen, welche genau auf radioaktiven Quellläufen lagen, Tausende von Messungen mit dem *Elektrometer von Elster und Geitel* und einer Ionisationskammer durch. Im Mittel ergab sich eine zehnfache Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit der Luft, was für die Krebsforschung nicht ohne Bedeutung sein dürfte. Auch mit Funkgeologie und dem physikalischen Gerät von Machts lassen sich Reizstreifen bzw. unterirdische Wasserläufe oder geologische

Klüfte nachweisen. Tromp gibt neun physikalische Verfahren zur Feststellung von Wünschelrutenzonen an. Mehrere deutsche Verfahren zur Reizstreifen-Bestimmung sind zurzeit in Erprobung. Häfeli und Schaad weisen darauf hin, daß über unterirdischen Wasserläufen zufolge der Reibungselektrizität des strömenden Wassers (Diaphragma-Effekt) meßbare elektrische Felder entstehen, welche offenbar den Rutenausschlag auslösen.

Es stehen also für die rein physikalische Feststellung der rutenaktiven Bodeneinflüsse eine Reihe von Geräten zur Verfügung. Alle Behauptungen, daß die «Erdstrahlen» bzw. Reizstreifen physikalisch überhaupt nicht erfaßt werden könnten, sind durch die Forschungen längst überholt und sollten nun endlich aus wissenschaftlich sein wollen den Veröffentlichungen verschwinden.

Über die *physikalische Natur der rutenaktiven Bodeneinflüsse* liegen zahlreiche Forschungsergebnisse vor, welche das «Erdstrahlenproblem» erhellen.

Tromp hat durch Versuche nachgewiesen, daß sowohl künstliche Magnetfelder (erzeugt durch die ringförmige Tangenboussole) als auch natürliche Störungen im erdmagnetischen Feld (Erzkörper, basische Gesteine) mit der Rute festgestellt werden können. Auch künstliche elektrostatische Felder, Unterschiede im Bodenpotential und im Bodenleitungsvermögen lassen sich mit der Rute ermitteln; auf gleiche Weise auch Stellen mit erhöhtem Leitungsvermögen über Grundwasserströmungen und Blitzeinschlagstellen. Auch flüchtige Stoffe können Rutenreaktionen, ja selbst eine Ohnmacht bewirken, wie Versuche im Methangasgebiet am Langensee gezeigt haben. Die Versuchsperson kannte übrigens die dem normal empfindlichen Menschen kaum wahrnehmbaren Gasaustrittspunkte überhaupt nicht.

Während Tromp den Standpunkt vertritt, daß in erster Linie magnetische, elektromagnetische oder elektrische Felder den Rutenausschlag erzeugen, weisen andere Forscher darauf hin, daß Wellen oder Strahlungen die Ursache der meisten Ruteneffekte bilden, daher der Name «Erdstrahlen». Im Vordergrund steht die Hypothese der *Hertzschen Wellen* als rutenaktives Agens. Die Versuche der englischen Forscher Franklin und Mayby im biophysikalischen Laboratorium von Bourton-on-the-Hill führten zu dieser Ansicht. Als Folgen der Bestrahlung durch Hertzsche Wellen werden angegeben: Müdigkeit, Nervosität, Schlaflosigkeit, auffallenderweise gerade Phänomene, welche beim Menschen unter Reizstreifeneinfluß auftreten.

In Deutschland vertreten die Physiker Wendler, Wüst und Wetschky die Hypothese, daß die Reizstreifen durch kippschwingungsähnliche Pulsationen des Erdstroms von der Frequenz 1–10 Hz erzeugt werden. Es soll sich um spiegelbare quasioptische Wellen handeln, so daß der Ausdruck Strahlung nicht unberechtigt wäre. Der zwischen Erde und Luft stattfindende Ladungsaustausch, der luftelektrische Vertikalstrom, wird als Gleichstrom aufgefaßt. Es ist neuerdings gelungen, solche niederfrequente Pulsationen des luftelektrischen Feldes mit der



verbesserten sog. *Feldmühle* nachzuweisen. Eine künstliche Erzeugung von «Erdstrahlen» löste sowohl Rutenreaktionen als auch biologische Effekte aus. Da es sich bei den Erdstrahlen um schwingungsmäßige Vorgänge handelt, kann, wie umfangreiche Versuche ergeben haben, durch geeignete schwingungsfähige Gebilde ihre Rutenwirksamkeit und, wie vielfältige Kontrollen gezeigt haben, auch ihre biologische Wirkung infolge Interferenzzeugung unterbunden werden, was zur Herstellung eines Entstrahlungsgerätes auf physikalischer Grundlage geführt hat. Mit solchen Geräten sind auch bei Versuchen in der Schweiz gute Erfolge erzielt worden.

Der *Neutralisation der Erdstrahleneinflüsse* durch Entstrahlungsgeräte auf wissenschaftlicher Basis kommt eine beträchtliche hygienische Bedeutung zu, sind doch, wie die Ärzte Jenny, v. Gonzenbach, Hager, Petschke und Hartmann gezeigt haben, zahlreiche gesundheitliche Störungen, in gewissen Fällen selbst schwere Krankheiten wie Krebs auf Reizstreifenwirkung zurückzuführen. Zahlreiche Erfahrungen des Autors bei Untersuchungen in Häusern und Ställen bestätigen diese Auffassung.

Gerade wegen ihrer bedeutsamen medizinischen Aspekte verdient die wissenschaftliche Wünschelrutenforschung nachhaltige Förderung, handelt es sich doch hier um Probleme, deren Lösung für die Hygiene und Krankheitsprophylaxe von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. Es ist zu wünschen, daß wie in Holland auf diesem so vernachlässigten Grenzgebiet zwischen Geologie, Physik und Medizin durch eine öffentliche Stiftung Mittel zu abklärenden Forschungen zur Verfügung gestellt werden.

**14. THEODOR ZINGG (Weißfluhjoch-Davos).** – *Beziehungen zwischen Temperatur und Schmelzwassermenge und ihre Anwendung auf die Gletscherschwankungen.*

Die Untersuchungen über den Zusammenhang der Schmelzwassermenge mit den meteorologischen Elementen hat auf dem horizontalen Versuchsfeld des Eidg. Institutes für Schnee- und Lawinenforschung auf Weißfluhjoch eine lineare Beziehung zwischen positiver Tagesmitteltemperatur und Abflußmenge in Millimetern ergeben. Die empirisch ermittelte Gleichung lautet:  $A = 4,5 \cdot T$ , wobei  $A$  in Millimetern Wassersäule angegeben wird und  $T$  die positive Tagesmitteltemperatur bedeutet (Mittel der drei klimatischen Tagesbeobachtungen).

Die Gleichung ist sowohl für Einzeltage als auch für ganze Abschmelzperioden gültig, wobei in letzterem Falle die Summen der positiven Tagesmittel verwendet werden.

Die obige Gleichung gestattet, an Hand der Temperatursummen bis zum Ende der Schneedecke die Menge der festen Niederschläge zu bestimmen. So fielen beispielsweise in Bevers im Mittel der letzten 30 Jahre 253 mm in Form von Schnee. Die Berechnung an Hand der Temperaturen bis Ende Schneedecke ergibt 244 mm. Wesentlich ist, daß die Temperaturwerte denjenigen der Umgebung entsprechen.

Die Summen der positiven Temperaturen vom 1. Januar bis Ende September gestatten, einen Einblick zu erhalten in die möglichen Abschmelzungen einer Ablationsperiode. Damit ist auch die Möglichkeit gegeben, die Gletscherschwankungen in Beziehung zu den maßgebenden Temperaturen zu bringen. Für ein Einzeljahr lassen sich die möglichen Ablationsmengen berechnen. So erhalten wir für das Jahr 1949 für den Gornergletscher an Hand der aus den Temperaturen von Zermatt ermittelten Temperatursummen in verschiedenen Höhenlagen bis 3200 m ü. M. Abweichungen von ca. 20 cm gegenüber den beobachteten Werten.

Hinsichtlich der Gletscherschwankungen (Zungenenden) zeigt sich ein enger Zusammenhang mit den Temperatursummen. Jeder Gletscher hat seine eigene Verzögerungsperiode. Der Turtmann-gletscher reagiert nach 9 Jahren, der Gornergrat-gletscher nach 13, der Trient-gletscher nach 6 Jahren. Kleinere Gletscher reagieren noch rascher.

Im Jahrfünft 1912 bis 1916 betrug die Summe ca.  $450^\circ$  in 2500 m Höhe, gegenüber mehr als  $800^\circ$  im letzten Jahrfünft. Der ersten obgenannten Periode folgten die verschiedenen nicht gleichzeitigen Gletschervorstöße, der letzten Periode werden noch stärkere Rückzüge folgen.

Mit der gefundenen Beziehung lassen sich auch die Niederschlagsmengen der Hochgebirgstotalisatoren überprüfen.

**15. WILLIAM BRUNNER-HAGGER (MZA Zürich-Kloten). – *Zürcher Niederschläge 1950/51 und Sonnentätigkeit.***

Die durch Summenbildung über vier aufeinanderfolgende Tage ausgeglichenen Zürcher Niederschläge von 1951 zeigen bis Ende September neun Spitzen von Summenwerten über 30 mm, die durch Minima kleiner als 5 mm getrennt sind. Mit dem 17. Januar beginnend, folgen sich die Maxima in Intervallen von 34, 34, 33, 31, 27, 21, 22 und 14 Tagen. Die zugehörigen Summenwerte betragen 44, 40, 48, 43, 37, 57, 81 (15. VII.), 38 und 32 mm. Die hier auftretenden Niederschlagsintervalle schließen sich eng an das 5-, 4-, 3- und 2fache der schon früher<sup>1</sup> gefundenen  $6\frac{2}{3}$ -tägigen Periode an. Die mittlere Abweichung von den  $33\frac{1}{3}$ -,  $26\frac{2}{3}$ -, 20- und  $13\frac{1}{3}$ -tägigen Standardintervallen beträgt nur  $\pm 1$  Tag. Besonders auffällig ist die zu Jahresbeginn sich viermal wiederholende 33-tägige Periode mit nahezu gleich starken Einsätzen von 40 bis 48 mm. Durch Extrapolation dieser Einsätze wurden Niederschlagsspitzen für den 3. bis 5. Juli und 5. bis 7. August von 40 mm erwartet. Die erste Prognose ist nicht eingetroffen (vermutlich durch Rhythmusverkürzung als Folge der sehr starken Sonnentätigkeit Mitte Mai), die zweite Prognose hingegen ist über Erwarten genau eingetreten mit einem Summenwert von 38 mm am 6. August. Die Ursache der ungefähr monatlich wiederkehrenden stärkeren Niederschläge kann sowohl terrestrisch wie solar sein. Eine die Erde auf  $45^\circ$  Breite mit der Westwinddrift in 33 Tagen umkreisende Störung hat eine durchschnittliche Verschiebungs-

---

<sup>1</sup> Verhandl. d. Schweiz. Nat. Ges., St. Gallen 1948, S. 123.

geschwindigkeit von 19 Knoten, bei 27tägigem Umlauf eine solche von 23 Knoten. Diese Werte sind in guter Übereinstimmung mit den Frontenverlagerungsgeschwindigkeiten. Die Sonnentätigkeit Januar bis September 1951 ist charakterisiert durch die Konzentration der größten Sonnenfleckengerde im heliographischen Längenbereiche von  $0^{\circ}$  bis  $90^{\circ}$ . Die rotationsbedingten Fleckenmaxima traten deshalb 2 bis 6 Tage vor Rotationsende auf. Die größten Niederschlagsspitzen (April bis August) folgten diesen Maxima in  $(4 \text{ bis } 11) + n \cdot 27$  Tagen. Der höchsten Sonnenfleckengerde im Jahre 1951 folgte der extremste Niederschlag in 59 Tagen ( $n=2$ ); in den Jahren 1948 bis 1950 folgten sie in 53, 62 und 53 Tagen. Zehn Fälle der zweit- bis viertgrößten Niederschläge folgten in 40 bis 57 Tagen. Die Verzögerungszeit von 40 bis 62 Tagen der terrestrischen Auswirkung gegenüber der Sonnenfleckengerdeentwicklung deutet erneut darauf hin, daß die aus den Fleckengerden sich entwickelnden Fackelfelder und die in Entwicklung begriffenen dunklen Filamente (Protuberanzen) als Strahlungsquellen in Betracht kommen. Will man die zu Beginn des Jahres 1951 ausgeprägte 33tägige Periode auch auf eine solare Erscheinung zurückführen, so kommen nur polnahe Strahlungsquellen<sup>1</sup> in Frage, die in 33 Tagen eine synodische Rotation ausführen («Annales de l'Observatoire de Paris», tome VI, fasc. VII, p. 146). Daß auch Objekte nahe am Sonnenrand terrestrisch wirksam sein können, geht aus Polarlicht-Beobachtungen hervor. Das Jahr 1951 war für das Zustandekommen von solaren Einwirkungen auf die Erde besonders günstig, da erfahrungsgemäß Jahre vor dem Minimum der Sonnenfleckengerde auch für andere Einflüsse die besten Korrelationen geben.

**16. WILLIAM BRUNNER-HAGGER (MZA Zürich-Kloten). — Endphase des Phänomens der blauen Sonne, 27. September 1950.**

In drei Tagen, vom 24. bis 27. September 1950, überquerten die von kanadischen Waldbränden herrührenden feinen Rauchpartikelschichten mit einer durchschnittlichen Höhenwindströmung von 50 bis 60 Knoten den Atlantischen Ozean. Über Europa herrschte am 27. September in der Hochatmosphäre eine starke Nordströmung, welche vom Morgen bis Abend die die Sonne blau färbende Trübungsschicht von der Gegend von Hamburg mit durchschnittlich 50 Knoten nach den Alpen verfrachtete. Auf einem Flug über die Alpen nach Rom auf 5500 m Höhe konnte festgestellt werden, daß sich um 16.30 Uhr die Hauptmasse der trüben Schicht über dem Wallis auf ca. 7000 bis 10 000 m Höhe befand. Die Breite der Schicht betrug 100 km, ihre Längserstreckung vom Gotthard bis zu den Meeralpen 250 km. Eine zweite trübende Schicht lag über dem Schwarzwald und Jura. Die Sonne erschien durch das trübe Medium über den Alpen weiß mit leicht bräunlichem Ton. Vom Entstehungsort bis zu den Alpen wechselte, nach verschiedenen

---

<sup>1</sup> Fackeln in hohen Nord-Breiten wurden zwar erst von April 1951 an beobachtet.



übereinstimmenden Berichten, die Sonnenfarbe von Rotorange bis Blaugrün und Himmelblau über Nord- und Zentraleuropa. Am Abend des 27. Septembers trat als Endphase eine weiße Färbung auf.

Diese Farbfolge ist nur durch die Teilchengröße des lichtstreuenden Mediums bestimmt und kann mit einfachen experimentellen Versuchen an wachsenden Teilchen, z. B. Schwefelfällung, vorgeführt werden<sup>1</sup>. Die Blaufärbung tritt nach der Theorie von Mie auf, wenn  $q/\lambda=2$  ist für Blau.  $\lambda_{\text{blau}} = 4 \cdot 10^{-5}$  cm,  $q = 8 \cdot 10^{-5}$  cm. Der Streukoeffizient  $K$  ist bei dieser Teilchengröße 0,9 für Blau und 2,0 für Rot. Für Teilchenradien unter  $10^{-5}$  cm gilt schon mit guter Annäherung die Raleigh-Streuformel  $K$  proportional  $\lambda^{-4}$  mit einem Streukoeffizientenverhältnis von  $1/16$  Rot zu Blau; die Sonne erscheint dann rot. Für Teilchenradien größer als  $3 \cdot 10^{-4}$  cm tritt Weißfärbung auf, da der Streukoeffizient  $K$  nur noch zwischen 1 und 1,2 schwankt für sichtbares Licht. Das stetige Wachstum der Trübungsteilchen ist durch Aufnahme von Wasserdampf aus der Luft erfolgt, da stark ausgetrocknete Rauchteilchen stark hygroskopisch sind.

Auf dem Rückfluge von Rom am Morgen des 28. Septembers lag die Störungsschicht über dem Apennin, durchsetzt mit mächtigen Kumulonimben (Obergrenze ca. 7000 bis 8000 m), die zu gewittrigen Niederschlägen führten.

**17. MARTIN JAGGI (Winterthur).** – *Farbphotographien zwei sich berührender Halos in Cuba.*

Am 5. Mai 1950 photographierte der Referent in Regla (Cuba) einen Sonnenhalo, bei dem der normale  $22^\circ$ -Kreis um die Sonne von einem Oval umgeben war, das den Kreis an den Stellen geringster Krümmung berührte. Die Farbphotos (Ansco Color) zeigen sowohl beim Kreis als auch beim Oval dieselbe allseitig gleiche Helligkeit. Die Innenränder sind deutlich braunrot verfärbt. Der Radius der größten Krümmung des Ovals beträgt  $19,5^\circ$ . Die beiden entsprechenden Krümmungsmittelpunkte auf der Längsachse des Ovals bilden mit der Sonne beidseitig einen Winkel von  $5^\circ$ . An den beiden Berührungsstellen beträgt der Krümmungsradius  $28\frac{1}{2}^\circ$ .

Eine nähere Beschreibung und Erklärung der Erscheinung sowie eine Reproduktion der Aufnahmen erscheint in der Zeitschrift «Geofisica Pura e Applicata».

**18. MAX BIDER (Basel).** – *Bemerkungen zum Quotienten Niederschlagsmenge: Sättigungsdefizit als Dürremaß.*

Für gewisse Probleme der Bodenforschung und der allgemeinen Agrarmeteorologie wurden vielfach verschiedene Kombinationen meteo-

<sup>1</sup> Henning Kaaber: «Den blaa Sol». Urania (Danske Astron. Tidsskrift), 7. Jahrg., Nr. 11, S. 167, und H. O. Proskauer: «Zum Phänomen der blauen Sonne», Gegenwart (Bern). Nr. 8/9, 12. Jahrg., 1950.

rologischer Elemente herangezogen. Bekannt ist vor allem der «Regen-  
faktor» von *Lang* (Quotient Niederschlagsmenge: Temperatur), dem aber  
mancherlei Nachteile anhaften. Eine wesentliche Verbesserung bedeutete  
der von *A. Meyer*<sup>1</sup> eingeführte Quotient Niederschlagsmenge: Sättigungs-  
defizit (N/S-Quotient), denn das Sättigungsdefizit ausgedrückt in  
mm Hg) ist ein wenn auch rohes Maß für die Verdunstungs-  
kraft. Es ist nun von Interesse, zu sehen, wie sich die N/S-Quotienten  
in verschiedenen Perioden (1864–1900, 1910–1940 und 1940–1949) ver-  
halten, wobei die letzte Periode die bekannten Trockenjahre umfaßt.  
Wie die untenstehende Tabelle zeigt, weist diese letzte Periode fast  
allgemein ganz wesentlich geringere Werte auf als die vorangehenden  
(Jahreswerte, Sättigungsdefizit berechnet aus Mittelwerten der Tempe-  
ratur und relativen Feuchtigkeit).

	Basel	Genf	Sitten	Bern	Zürich	Davos	Lugano
1864–1900	464	405	284	528	595	735	700
1901–1940	420	416	193	635	545	740	568
1940–1949	339	344	192	478	439	650	384

Die monatlichen N/S-Quotienten lassen sich in erster Annäherung  
zur Beurteilung des Jahrganges des Wasserhaushaltes verwenden.

In der folgenden Tabelle sind die Mittel (1940–1949) der monat-  
lichen N/S-Quotienten für Jahreszeiten zusammengefaßt gegeben.

	Basel	Genf	Sitten	Bern	Langnau	Zürich	Davos	Lugano
Frühling	19	19	9	28	41	25	41	38
Sommer	17	12	8	26	37	23	40	22
Herbst	41	44	20	58	75	47	52	37
Winter	53	67	43	67	108	87	94	30

Die relativ niedrigen Werte sind eine Eigenheit der Periode 1940  
bis 1949. Recht aufschlußreich ist eine Auszählung der Häufigkeit be-  
stimmter Stufen von monatlichen N/S-Quotienten für verschiedene  
Schweizer Stationen (120 Monate der Jahre 1940–1949):

N/S-Quotient	Basel	Genf	Sitten	Bern	Langnau	Zürich	Davos	Lugano
0–15 . . . .	29	36	68	18	10	28	12	44
15–50 . . . .	63	49	34	57	46	54	57	50
>50 . . . .	16	34	17	46	64	37	48	22

Neben vielen interessanten Einzelheiten erkennt man die große  
Häufigkeit der vom agrarmeteorologischen Gesichtspunkt als trocken  
zu bezeichnenden Werte in Sitten und der sehr häufigen als naß zu  
bezeichnenden Werte in Langnau im Emmental. Inwiefern sich die  
monatlichen N/S-Quotienten für praktische agrarmeteorologische Pro-  
bleme eignen, müßte noch durch Vergleiche mit landwirtschaftlichen  
Ertragsstatistiken abgeklärt werden.

<sup>1</sup> «Chemie der Erde», Zeitschr. für chem. Min., Petrographie und Bodenkunde,  
Bd. II, S. 210–347, 1926. Verlag G. Fischer, Jena.

**19. MAX SCHÜEPP (Zürich).** — *Entwicklungsstadien der steuernden Hochdruckgebiete in den gemäßigten Breiten.*

Einen typischen Fall der Entwicklung einer Familie von steuernden Hochdruckgebieten über Zentraleuropa zeigen die Wetterkarten vom 21. Jan. bis 31. Jan. 1949. Es besteht eine gewisse Analogie zur Zyklonenentwicklung von der ursprünglichen Wellenstörung an der Polarfront zum steuernden Zentraltief. Die Unterschiede bestehen darin, daß die Rollen der Warm- und der Kaltluft bei der Entwicklung der steuernden Antizyklone vertauscht sind und die Fortpflanzung des Zentrums in bezug auf die West-Ost-Achse spiegelbildlich erfolgt. Sowohl Zyklonen als auch Antizyklonen entstehen an der west-östlich verlaufenden Polarfront durch einen gleichzeitigen Vorstoß von Warmluft aus den Subtropen und einen Ausbruch von Kaltluft aus dem Polarraum. Während jedoch beim Tief der Warmluftvorstoß östlich des Kaltluftausbruchs erfolgt, stößt beim Hoch die Warmluft im Westen der Kaltluft vor.

Dem Warmsektor des Tiefs, der sich normalerweise im SE befindet, entspricht ein Kaltsektor des Hochs auf der NE-Seite der neu entstehenden Antizyklone. Die Kaltluft wandert allmählich vom NE- in den SE- und S-Sektor des Hochs, welches zugleich seine ursprünglich östliche oder nordöstliche Zugrichtung verändert, nach SE umbiegt und später stationär wird. Im Endstadium, wenn die Kaltluft im Süden vollständig aufgezehrt ist, zieht es sich nach Westen zurück. Im Westen erfolgt der Anbau neuer Zellen an das ursprüngliche Hoch als Glieder einer antizyklonalen Familie. Dabei verlagert sich das Steuerungszentrum allmählich gegen Westen, solange dieser Anbau von neuen Gliedern weitergeht.

Wichtig für den Bestand des antizyklonalen Steuerungszentrums ist die Warmluftzufuhr aus dem subtropischen und äquatorialen Wärmereservoir. Da der Wärmevorrat des Tropengürtels die Zirkulationen im Westwindgürtel beider Hemisphären der Erde speist, ist eine Erfassung der synoptischen Zusammenhänge zwischen den beiden Roßbreiten-Hochdruckgürteln dringend wünschenswert. Hoffentlich erlaubt uns der nach Südamerika und Südafrika einsetzende Luftverkehr mit seinem Wettermeldenetzen bald das Zeichnen der Wetterkarten im atlantischen Raum über den Äquator hinweg und damit die nähere Erforschung des Zusammenspiels von Nord- und Südhemisphäre.

**20. R. SÄNGER (Zürich).** — *Bemerkungen über die Wetterbeeinflussungsversuche in den USA und Demonstration eines Films über «Project Cirrus».*

In den USA laufen gegenwärtig große Untersuchungsreihen auf dem Gebiete der experimentellen Meteorologie, meistens als Gemeinschaftswerk zwischen wissenschaftlichen Laboratorien und militärischen Institutionen, vornehmlich des US Signal Corps. Eine solche Untersuchungsreihe trägt den Titel «Project Cirrus» und befaßt sich im wesentlichen mit den Vorgängen der Erzeugung von Niederschlägen und ihrer künst-

lichen Beeinflussung. Die wissenschaftliche Leitung dieser Arbeiten liegt in den Händen von Dr. Vincent J. Schaefer, vom General Electric Research Laboratory, Schenectady, NY, der kürzlich einen Film über das Wachstum von Kumuluswolken gedreht hat. Dieser Film, der vom Referenten an der Sitzung in Luzern vorgeführt wurde, soll vor allem einen Einblick in die Vorgänge, die zu Regenbildung führen, geben. Es wird darin u. a. gezeigt, wie eine nächtliche Schichtwolke durch die Sonnenwärme in Tageskumuli übergeführt wird, wie sich eine aktive Gewitterwolke aus einer orographischen Kumuluswolke entwickelt, wie die Konvektionsbewegungen von unterkühlten Wolken beim Übergang zu Eis rasch abgestoppt werden und ferner wie unterkühlte Wolkenpartien bei ihrem Eintritt in infisierte Gebiete, unmittelbar in Schnee verwandelt werden. Am Schluß wird die Wirkung einer Impfung von Wolken mit Trockeneis geschildert und gezeigt, wie diese Maßnahme tatsächlich Regen zum Ausfall brachte.

Die in der Schweiz letztes Jahr vom Bundesrat ernannte Kommission zum Studium der Hagelbildung und Hagelabwehr, deren Forschungsaufgaben in engem Zusammenhang stehen mit den Untersuchungen über die Regenbildung, hat dieses Jahr mit einigen Vorarbeiten begonnen. Im Osservatorio Ticinese sind unter der Leitung von Herrn Thams auf dem Gebiete der Kondensationskernzählung Untersuchungen durchgeführt worden, die zu sehr nützlichen und interessanten Ergebnissen führten und demnächst veröffentlicht werden. Es ist beabsichtigt, Ende dieses Jahres mit den eigentlichen Aufgaben der Kommission zu beginnen, wobei es sich vorerst um reine Grundlagenforschung handelt. Teilweise werden die Arbeiten auch im Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weißfluhjoch, Davos, ausgeführt.