

**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:** 130 (1950)

**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:** 28.01.2026

**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, Sonntag und Montag, den 26., 27. und 28. August 1950

Präsident: Dr. WILLIAM BRUNNER (Kloten)

#### 1. JEAN LUGEON (M. Z. A. Zurich). – *L'espéranto de la stratosphère.*

Pour sonder la haute atmosphère, on emploie bien des types de radiosondes, en ce monde. Or, celles-ci semblent communiquer aux mêmes niveaux, des pressions  $P$ , températures  $T$ , et humidité  $U$ , notamment différentes. De là, la difficulté de construire des cartes isobariques d'altitude, surtout dans le réseau aérologique européen équipé d'instruments divers. Pour mettre les choses au point, l'O. M. I. décida de faire une belle expérience au poste aérologique de la Centrale de météorologie à Payerne, en comparant les six principaux modèles, en vol. En mai 1950, une trentaine d'opérateurs des Etats-Unis d'Amérique, Grande-Bretagne, France, Belgique, Hollande, Norvège, Suède, Finlande, US-Zone d'Allemagne et Suisse firent quelque 160 ascensions de jour et de nuit, en attachant aux mêmes ballons jusqu'à six radiosondes différentes. On atteignit parfois 30 km. d'altitude. La confrontation a révélé un assez bon accord pour les températures, mais il n'en est pas de même pour la mesure de la pression avec les capsules Vidie, où un ajustage des méthodes et des coefficients de correction est impérieusement nécessaire. Finalement on peut espérer l'élaboration d'un code universel de correction pour les trois éléments. Alors, les radiosondes parleront des cieux le même langage. Pour cela, les missionnaires de Payerne se sont engagés à dépouiller chacun pour soi les quelque 150 000 chiffres recueillis. Ce travail fera l'objet d'une «réunion d'harmonisation». C'était vraisemblablement la première fois, dans l'histoire de la science, que 10 pays comparaient impartialement leurs instruments pour tendre à des valeurs numériques identiques.

#### 2. HEINRICH UTTINGER (MZA Zürich). – *Statistische Untersuchungen über den Einfluß der Orographie auf die Niederschlagsverteilung.*

An Hand der Niederschlagsmessungen in zwei Versuchsgebieten von O. LÜTSCHG (Zum Wasserhaushalt des Schweizer Hochgebirges, Zürich

1945), die der Voralpenzone angehören, kann gezeigt werden, daß die Niederschlagsmengen (mittlere Jahressummen) infolge Stauwirkung des Gebirges nicht in erster Linie mit der Seehöhe der einzelnen Beobachtungsstationen, sondern mehr noch mit der Annäherung an das Gebirge korrelieren. Dies kommt besonders stark zum Ausdruck im Wägital. Projizieren wir die Meßpunkte auf eine Nord-Süd-Achse und wählen auf dieser die nördlichste Station (Lachen) als Nullpunkt, bezeichnen wir ferner die Süddistanzen der Meßpunkte hievon mit  $x$  (in km), ihre Seehöhen mit  $h$  (in hm) und die Niederschlagsmengen mit  $N$  (in cm), so ergeben sich folgende Beziehungen:

		Regressionsformel	Korrelationskoeffizienten	
			einfach	partiell
1)	$(x, h)$	$h = 6,0 + 0,58 x$	0,67	— 0,12
2)	$(x, N)$	$N = 124 + 9,1 x$	0,92	0,86
3)	$(h, N)$	$N = 112 + 8,6 h$	0,76	0,49

Die partiellen Korrelationskoeffizienten vermitteln am besten einen Eindruck über den Grad der Verbundenheit zwischen der Niederschlagsmenge einerseits und der Süddistanz und der Seehöhe anderseits. Aus ihnen ergibt sich als kombinierte Regressionsgleichung

$$4) \quad (xh, N) \quad N = 107 + 7,4 x + 2,9 h \quad \text{Totaler Kk: 0,94}$$

Die gleichen Berechnungen wurden für das Gebiet der Baye de Montreux durchgeführt. Die geeignete Richtung für das Distanzelement mußte durch Versuche ermittelt werden. Die beste Korrelation ergab sich für WSW-ENE (Nullpunkt: Clarens), was etwa dem Durchschnitt des Hanganstieges entspricht. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

5)	$(x, N)$	$N = 103 + 18,7 x$	Kk. 0,89	part. Kk. 0,61
6)	$(h, N)$	$N = 76 + 8,8 h$	0,85	0,46
7)	$(xh, N)$	$N = 84 + 12,1 x + 3,9 h$		totaler Kk. 0,91

Es überwiegt also auch hier der Einfluß der Gebirgsannäherung, jedoch weniger stark als im Wägital. Dort erhebt sich unmittelbar hinter dem Versuchsgebiet das gegen 3000 m hohe Glärnischmassiv und erzeugt über den beträchtlich niedrigeren Wägitalerbergen einen zusätzlichen Vorstau. Ein solcher Hintergrund fehlt bei der Baye de Montreux. Das Ergebnis unserer Berechnungen ist hier lediglich eine Folge der Tatsache, daß in Luvgebieten die Bedeutung des Kleinreliefs für die Niederschlagsverteilung zurücktritt.

### 3. FRITZ GASSMANN (Zürich). — *Elastizität poröser Medien.*

Bei der Betrachtung des Einflusses, den die wechselnde Durchfeuchtung auf die elastischen Eigenschaften poröser Gesteine, wie z. B.

Sandsteine, besitzt, wird man auf die allgemeine Frage nach dem elastischen Verhalten eines porösen Mediums geführt, das aus einem festen «Gerüst» und kommunizierenden Hohlräumen, den «Poren», besteht, die mit einem Gas oder einer Flüssigkeit, der «Porenfüllung», gefüllt sein können. Wenn man das Material, aus dem das Gerüst aufgebaut ist, als elastisch isotrop annimmt, währenddem das Gerüst als Ganzes sich elastisch isotrop oder anisotrop verhalten kann, so gelingt es, bei gegebener Kompressibilität der Porenfüllung das elastische Verhalten des porösen Mediums zu berechnen, wenn es ein «geschlossenes System» bildet, d. h., wenn die Zirkulation der Porenfüllung durch Schließung der Poren an der Oberfläche praktisch verhindert wird. Die Ergebnisse erlauben z. B., die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elastischer Wellen in einem geschlossenen System zu berechnen, wenn die Wellenlänge groß ist gegenüber den Dimensionen der Porenquerschnitte. Als Beispiel sei erwähnt, daß in einem trockenen Sandstein mit 2,3 km/sec Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Longitudinalwellen und 13,3 % Porosität die Geschwindigkeit auf 2,75 km/sec steigt, wenn die Poren mit Wasser gefüllt werden und man annimmt, daß die elastischen Materialeigenschaften des Gerüstes durch den Kontakt mit dem Wasser sich nicht ändern. Eine ausführliche Arbeit über das Thema wird in der Vierteljährsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Band 96, 1951, erscheinen.

#### 4. FRITZ GASSMANN (Zürich). — *Elastische Wellen in einer Kugelpackung.*

Die Theorie über die Elastizität poröser Medien, über die vorstehend referiert wurde, setzt uns in den Stand, die Fortpflanzung elastischer Wellen in einer regelmäßigen Packung gleich großer, fester, elastischer Kugeln zu behandeln, wenn die Zwischenräume mit einem Gas oder einer Flüssigkeit gefüllt sind. Es wird dichteste hexagonale Kugelpackung und Isotropie des Materials, aus dem die Kugeln bestehen, angenommen. Die Richtung der sechszähligen Achsen der hexagonalen Symmetrie sei vertikal (+z-Achse vertikal nach unten). Wenn sich eine solche aus zahlreichen horizontalen Schichten bestehende Kugelpackung unter dem nach unten wachsenden Druck des Eigengewichts befindet, so wird die Packung als Ganzes, d. h. das «Gerüst» des porösen Systems, elastisch anisotrop mit der z-Richtung als ausgezeichneter Richtung und Gleichwertigkeit aller horizontaler Richtungen, ferner inhomogen, indem die elastischen Eigenschaften Funktionen von z werden. Zu einer Fortpflanzungsrichtung gehören im allgemeinen drei Arten von infinitesimal ebenen homogenen Wellen mit drei verschiedenen Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Ist  $\alpha$  der Winkel der Fortpflanzungsrichtung mit der z-Richtung, so ist z. B. die größte dieser Geschwindigkeiten

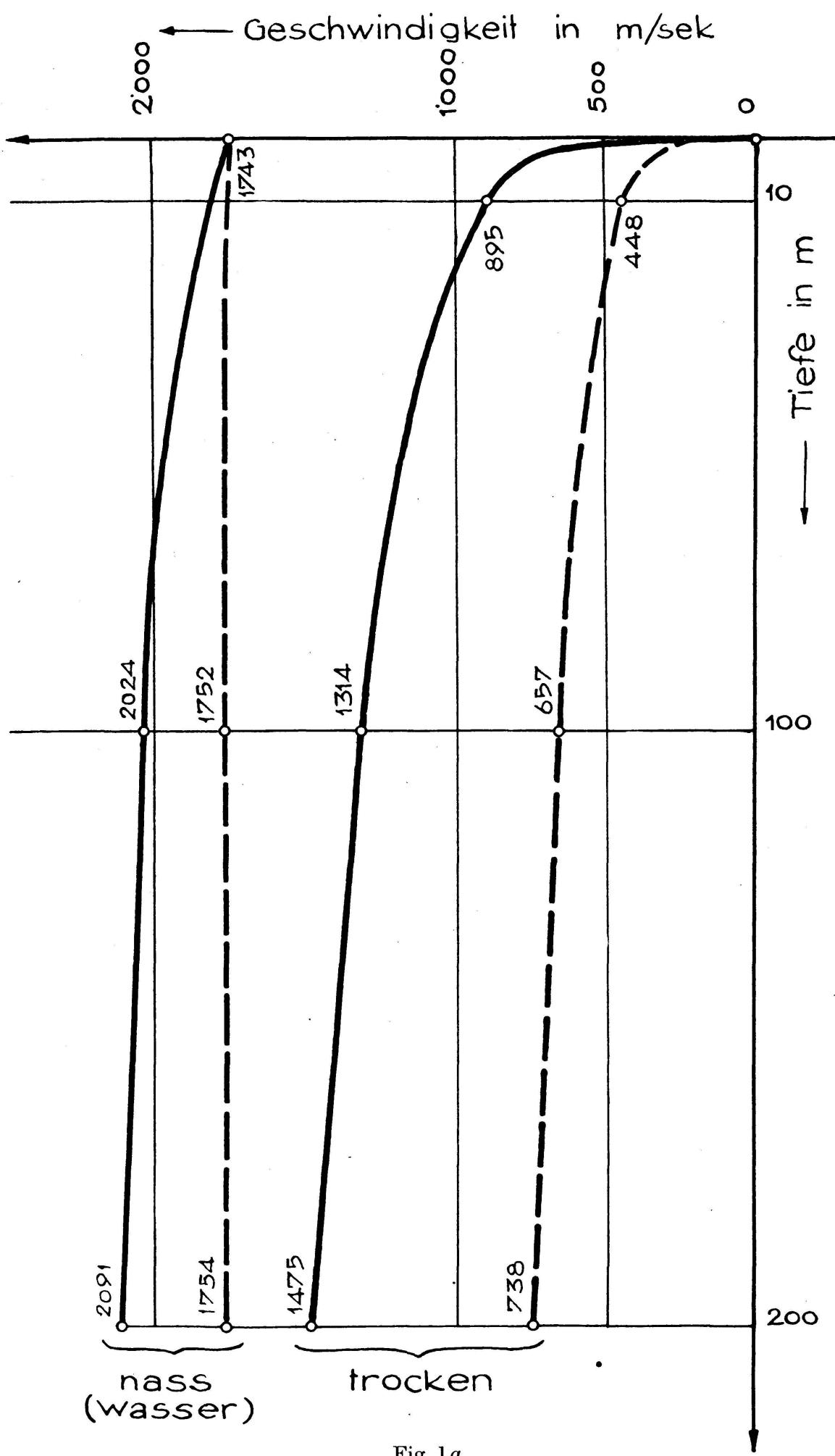


Fig. 1a

Geschwindigkeiten elastischer Wellen in einer Kugelpackung

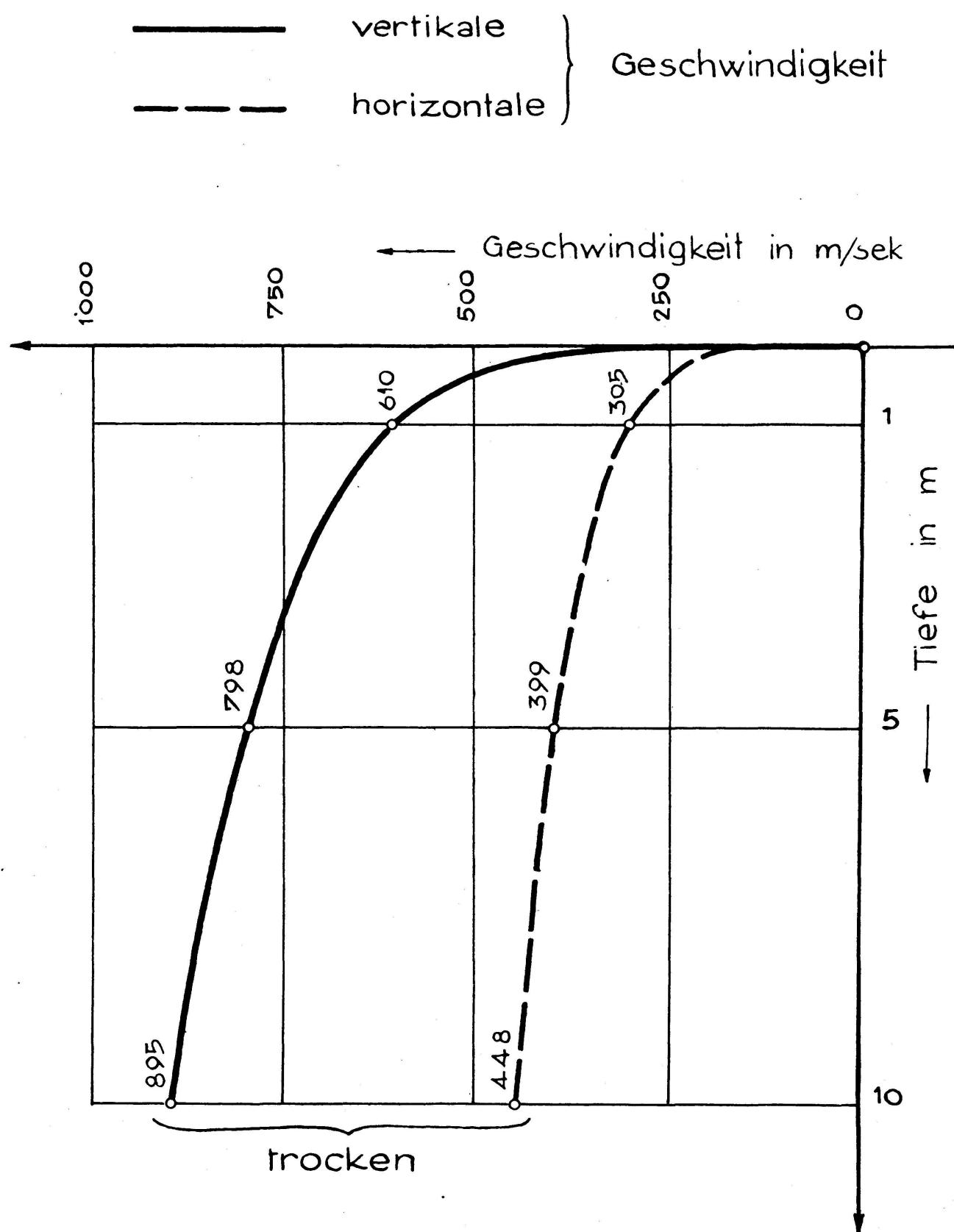


Abb. I b

$$v = L \cdot \sqrt[6]{z \cdot F(\alpha)}, \text{ wobei}$$

$$L = \sqrt[3]{\frac{8E\sqrt{2g}}{\pi\varrho(1-\nu^2)}}$$

$E$  = Elastizitätsmodul des Kugelmaterials

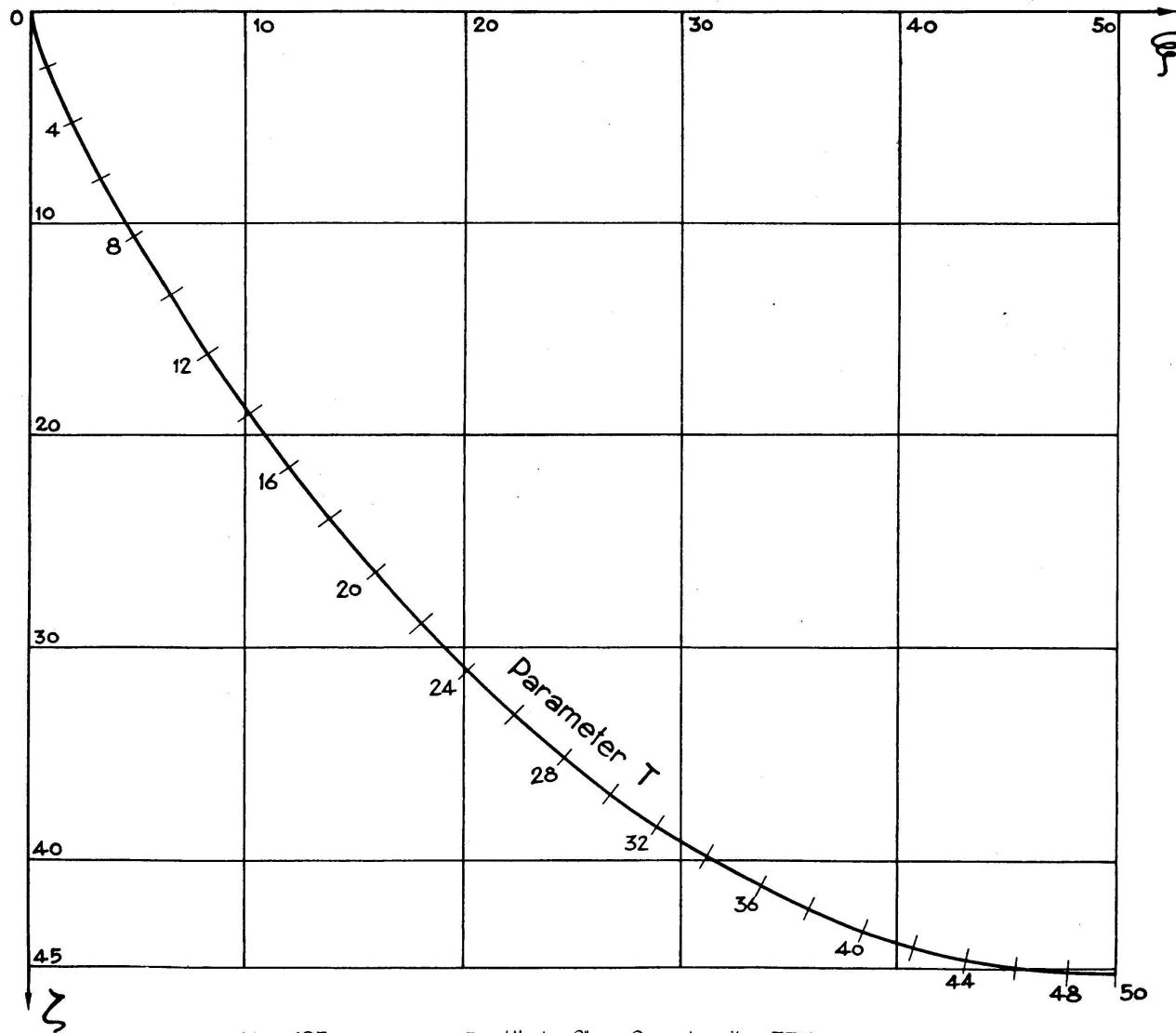
$\nu$  = Poissonsche Konstante des Kugelmaterials

$\varrho$  = Dichte des Kugelmaterials

$g$  = Schwerebeschleunigung

$$F(\alpha) = \frac{1}{8} \sqrt{25 + 15 \cos 2\alpha + \sqrt{(15 + 9 \cos 2\alpha)^2 + 256 \sin^2 2\alpha.}}$$

*Normierter Wellenstrahl für elastische Wellen in Kugelpackung*



Nach der in der vorangehenden Arbeit besprochenen Theorie poröser Medien können entsprechend die Geschwindigkeiten berechnet werden, wenn die Zwischenräume mit einem Gas oder einer Flüssigkeit gefüllt sind. Für Granitkugeln ( $E = 0,5 \cdot 10^{12}$  CGS-Einheiten,  $\rho = 2,65 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ ,  $g = 980,665 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$ ,  $\nu = 0,25$ ) sind in Fig. 1 die größten Geschwindigkeiten in  $z$ -Richtung ( $\alpha = 0^\circ$ ) und in horizontaler Richtung ( $\alpha = 90^\circ$ ) angegeben für den Fall von evakuierten (oder mit Luft gefüllten) und von mit Wasser gefüllten Zwischenräumen. Die Berechnung von Strahlgeschwindigkeiten und von Laufzeiten zwischen beliebigen Punkten der Packung lässt sich mit Hilfe von elliptischen Integralen ebenfalls durchführen. In Fig. 2 ist ein normierter Wellenstrahl in einer vertikalen  $(\xi, \zeta)$ -Ebene für den Fall evakuierter Zwischenräume und Kugeln aus beliebigem Material dargestellt. An der Kurve sind die normierten Laufzeiten  $T$  angeschrieben. Wünscht man in einer konkreten  $(x, z)$ -Ebene den Wellenstrahl mit gegebener horizontaler Spannweite  $\Delta$  zu erhalten

*Laufzeitkurve elastischer Wellen in einer Kugelpackung*

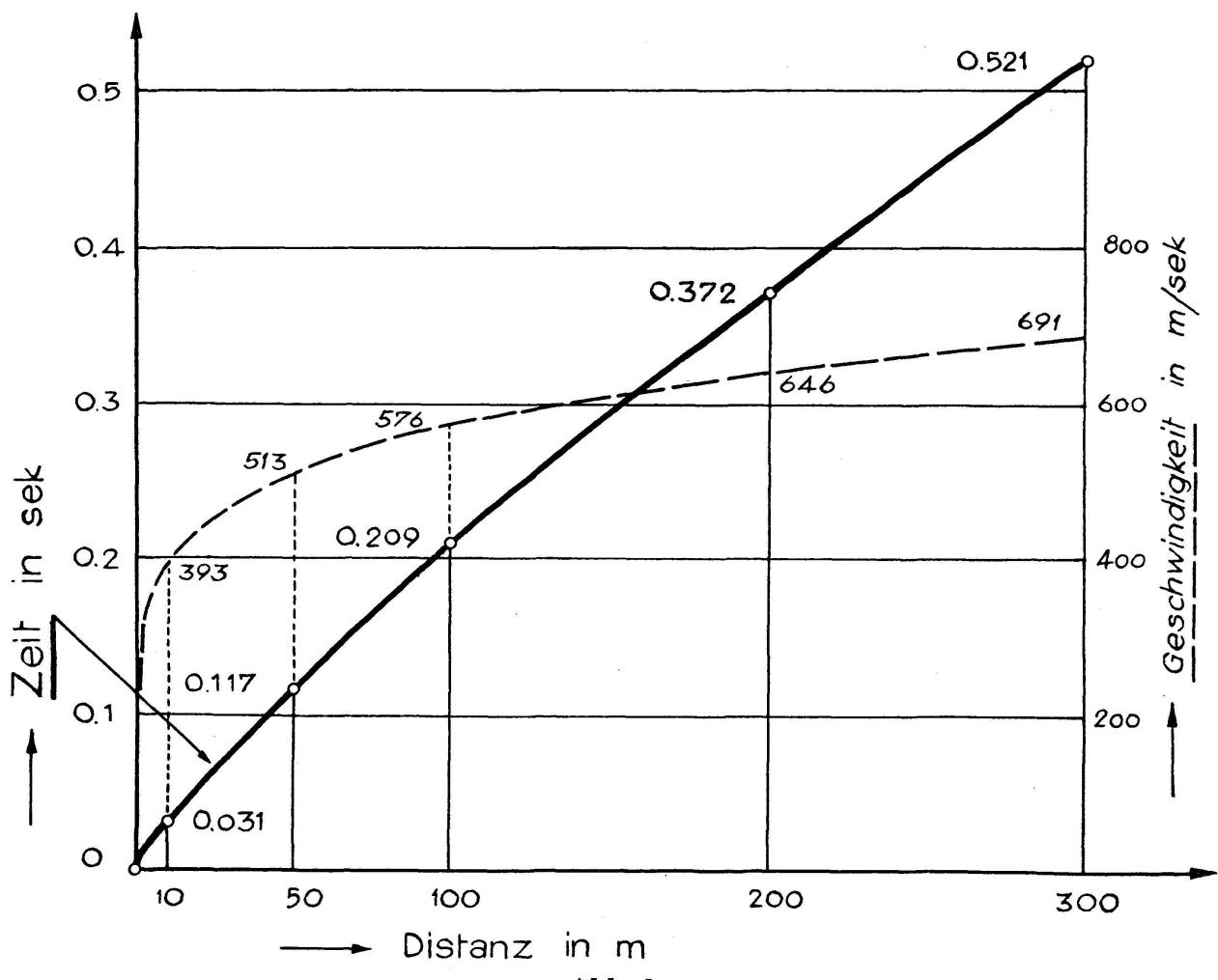


Abb. 3

mit den zugehörigen konkreten Laufzeiten  $t$ , so hat man in Fig. 2 bloß die Maßstäbe der dimensionslosen Größen  $\xi$ ,  $\zeta$  und  $T$  durch Maßstäbe in  $x$ ,  $z$  und  $t$  zu ersetzen gemäß den Gleichungen

$$x = \frac{\Delta}{100} \xi \quad z = \frac{\Delta}{100} \zeta \quad t = \frac{k \cdot \Delta^{\frac{5}{6}}}{L} T$$

wobei  $k = \frac{3}{250} \sqrt[6]{5 \int_0^\pi \frac{\sin^4 a}{[F(a)]^6} da} = 0,027408$  ist.

In Fig. 3 sind für Granitkugeln mit evakuierten Zwischenräumen die Laufzeit  $\tau$  und die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit  $\frac{d\Delta}{d\tau}$  einer Störung mit punktförmigem Herd an der Oberfläche als Funktion der Horizontaldistanz  $\Delta$  dargestellt.  $\tau$  ist der Wert von  $t$  für  $T = 100$ , so daß  $\tau = \frac{100 k}{L} \cdot \Delta^{\frac{5}{6}}$  die Laufzeitfunktion ist.

**5. F. GASSMANN** (Zürich) und **M. WEBER** (Wohlen AG). — *Schwingungsmesser mit elektronisch regulierbaren Konstanten.*

$f$  sei eine Funktion der Zeit  $t$ ,  $L_i(f) = a_{i0}f + a_{i1}\frac{df}{dt} + \dots + a_{ini}\frac{d^{ni}f}{dt^{ni}}$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots$  seien lineare Operatoren der Ordnungen  $n_0, n_1, \dots$  mit den konstanten Koeffizienten  $a_{i0}, a_{i1}, \dots$ . Für den zusammengesetzten Operator  $L_i[L_k(f)] = L_k[L_i(f)]$  werde das Produktssymbol  $L_i L_k$  verwendet.

Ist  $s$  der Ausschlag eines Punktes des Pendels eines mechanischen Seismographen von einem Freiheitsgrad, so gilt die Gleichung

$$(1) \quad L_0(s) = \nu_0^2 s + 2\gamma \frac{ds}{dt} + \frac{d^2s}{dt^2} = G(t),$$

wo  $\frac{\nu_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{a_{00}}$  die reduzierte Eigenfrequenz,  $\gamma = \frac{1}{2} a_{01}$  eine Dämpfungskonstante und  $G$  eine durch die Konstruktion des Seismographen und die Bewegungen seines Gestells bestimmte Funktion der Zeit ist. (Ist z. B. der Seismograph vom ersten Grundtypus mit der Vergrößerung  $V_0$  für rasche Schwingungen und macht der Boden translatorische Bewegungen mit dem Ausschlag  $\zeta(t)$  in Arbeitsrichtung, so ist  $G(t) = -V_0 \frac{d^2\zeta}{dt^2}$ .)

Bei einem elektrischen Seismographen werden die Pendelausschläge in elektrische Spannungsschwankungen  $u_1(t)$  umgewandelt (z. B. durch

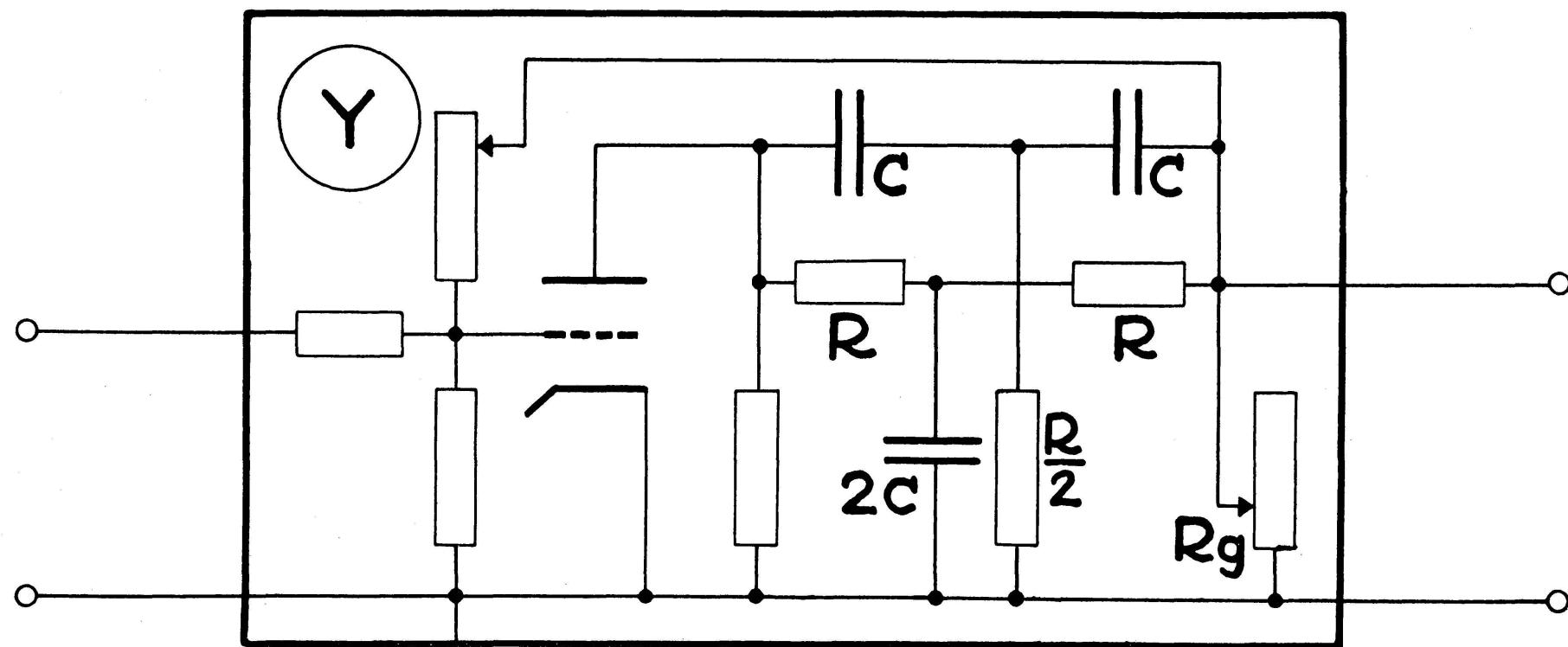
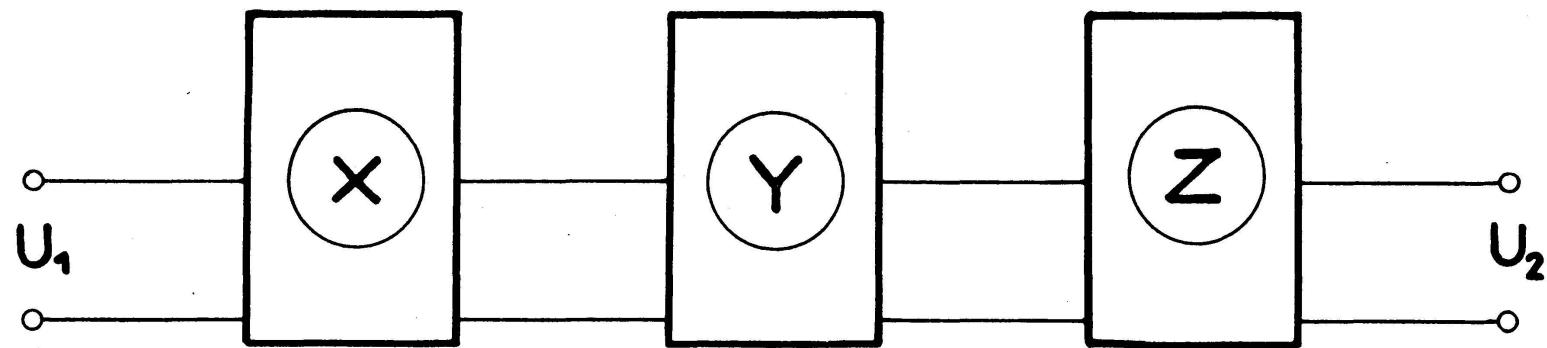


Fig. 1.

einen Piezokristall oder eine Tauchspule), wobei ein Zusammenhang von der Form

$$(2) \quad L_2(u_1) = L_1(s)$$

angenommen werden kann. Entsprechend kann auch zwischen der Eingangsspannung  $u_1$  und der Ausgangsspannung  $u_2$  des Verstärkers eine Gleichung

$$(3) \quad L_4(u_2) = L_3(u_1)$$

angenommen werden. Schließlich werden durch das Registriergerät die Spannungsschwankungen  $u_2(t)$  in Ausschläge  $v(t)$  eines Indikators (z. B. eines Lichtpunktes auf dem Registrierpapier) umgewandelt, wofür eine Gleichung

$$(4) \quad L_6(v) = L_5(u_2)$$

anzunehmen ist. Die Elimination von  $s$ ,  $u_1$  und  $u_2$  aus den 4 Gleichungen (1) bis (4) ergibt die allgemeine Seismographengleichung

$$(5) \quad L_0 L_2 L_4 L_6(v) = L_1 L_3 L_5(G).$$

Als Anwendungsbeispiel sei ein Seismograph mit vernachlässigbarer Dämpfung betrachtet. Der mechanisch elektrische Umformer sowie das Registriergerät sollen im nutzbaren Frequenzband linear und verzerungsfrei arbeiten, ebenso die Teilverstärker  $X$  und  $Z$  des in Fig. 1 dargestellten Verstärkers.  $\varepsilon$  sei der Rückkoppelungsfaktor des Teiles  $Y$ , ferner sei  $p = \frac{R}{R_g}$  und  $\mu$  der Verstärkungsfaktor der in  $Y$  enthaltenen Röhre. Der Verstärker sei so dimensioniert, daß die in Gleichung (3a) auftretende Konstante  $\nu_0$  identisch wird mit  $\nu_0$  in Gleichung (1). Die Gleichungen (1) bis (4) gehen dann in folgende spezialisierte Formen (1a) bis (4a) über:

$$(1a) \quad \nu_0^2 s + \frac{d^2 s}{dt^2} = G(t).$$

$$(2a) \quad u_1 = C_1 s.$$

$$(3a) \quad \nu_0^2 \left(1 + \frac{2p}{\varepsilon}\right) u_2 + \frac{4\nu_0}{\varepsilon} \left(1 + \frac{p}{2}\right) \frac{du_2}{dt} + \frac{d^2 u_2}{dt^2} = \frac{\mu}{\varepsilon} \left(\nu_0^2 u_1 + \frac{d^2 u_1}{dt^2}\right).$$

$$(4a) \quad v = C_2 u_2.$$

Man sieht, daß im vorliegenden Falle  $L_3 = \frac{\mu}{\varepsilon} L_0$  ist und sich die

Gleichung (5) daher auf  $L_2 L_4 L_6(v) = \frac{\mu}{\varepsilon} L_1 L_5(G)$  reduziert, wodurch sie folgende Form erhält:

$$(5a) \quad \nu_0'^2 v + 2 \gamma' \frac{dv}{dt} + \frac{d^2v}{dt^2} = C_1 C_2 \frac{\mu}{\varepsilon} G(t)$$

mit  $\nu_0'^2 = \nu_0^2 \left(1 + \frac{2p}{\varepsilon}\right)$  und  $\gamma' = \frac{2\nu_0}{\varepsilon} \left(1 + \frac{p}{2}\right)$ . Man entnimmt daraus,

daß die Form der Gleichung (5a) des elektrischen Seismographen die gleiche ist wie die Form der Gleichung (1) des mechanischen Pendels, aber mit dem wesentlichen Unterschied, daß die reduzierte Eigenfrequenz  $\frac{\nu_0'}{2\pi}$  und die Dämpfung  $\gamma'$  durch entsprechende Wahl von  $\varepsilon$

und  $p$  auf beliebig vorgeschriebene Werte gebracht werden können. Es sei z. B. auf den Spezialfall  $p = 0$  ( $R_g = \infty$ ) hingewiesen, für den der elektrische Seismograph die gleiche Eigenfrequenz wie das mechanische Pendel, aber beliebig einstellbare Dämpfung erhält. Dieser Sonderfall ist in einer demnächst erscheinenden Arbeit (Lit. 4) ausführlicher behandelt. Zur Theorie der Gleichung (1), insbesondere der Form von  $G(t)$ , sei auf Lit. 1 bis 3 verwiesen.

#### Literatur

- (1) *F. Gaßmann*: Zur Bestimmung von Bodenbewegungen aus Registrierungen von Schwingungsmessern und Seismographen. Festschrift SIA der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich 1937.
- (2) *F. Gaßmann*: Zur Theorie der Schwingungsmesser. Beiträge zur Geophysik, Bd. 52, 1938, S. 1–19.
- (3) *M. Weber*: Beitrag zur Messung von Erschütterungen. Dissertation Eidg. Techn. Hochschule, Zürich 1949, und Helvetica Physica Acta, Bd. XXII, 1949, S. 425–456.
- (4) *M. Weber*: Eine neue Erschütterungsmeßapparatur und ihre Anwendung. Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik.

#### 6. ZINGG THEODOR (Davos-Weißfluhjoch). — *Wasserwert und Abbau der Schneedecke.*

Da die Wasserwertbestimmungen der Schneedecke auch oft zur Erfassung der winterlichen Niederschlagsmengen dienen müssen, soll darauf hingewiesen werden, daß dies nur mit großer Vorsicht geschehen darf. Die Untersuchungen an den einzelnen Versuchsfeldern in verschiedenen Höhenlagen des Eidg. Institutes für Schneeforschung auf Weißfluhjoch haben gezeigt, daß unter 2000 m. ü. M. die Schneedecke im Laufe des Winters vom Boden her wegschmelzen kann. Im Winter 1949/50 sind auf diese Weise bis zum März zirka 10–12 % der gesamten Schneemenge vom Boden her abgeschmolzen. Die Unterlage spielt eine nicht unwesentliche Rolle. Jene Gebiete mit großer Kontaktfläche Schnee–Boden, bzw. Pflanzendecke, liefern auf diese Weise mehr Schmelzwasser gegenüber Hochstaudenfluren. Ferner ist die Art des Einschneiens für das spätere Verhalten der Schneedecke von grundsätzlicher Bedeutung. Ein kalter, schneearmer Vorwinter läßt kein Ab-

schmelzen vom Boden her zu. Schneereiche Frühwinter führen hingegen zu einem langsamem, aber steten Abbau, so daß die Quellen anhaltend Zufluß erhalten, was sich auf eine erhöhte Wasserführung unserer Bäche und Flüsse für die Kraftgewinnung auswirkt.

**7. JOHANN HÄFELIN (MZA Zürich). – *Der Wasseraustausch zwischen der Schneedecke und der Luft im Hochgebirge und in der Ebene.***

Der Wasseraustausch zwischen der Luft und der Schneedecke wurde in zwei Meßreihen im März 1946 und Oktober 1947 auf dem Jungfraujoch durch Wägung von Schneeproben bestimmt. Während im ersten Falle nur Verdunstung beobachtet wurde, ergaben die Messungen im Oktober 1947 in zwei Nächten für kurze Zeit schwache Kondensation. Die Gesamtbilanz dieser beiden Nächte zeigt jedoch ebenfalls Verdunstung an. Die Messungen wurden benutzt, um die Konstante der Formel von Trabert, die von Westmann (s. auch Annalen der MZA 1918 und 1946) in analoger Weise auf die Verdunstung von Schnee angewandt wurde, zu bestimmen. Mit Hilfe dieser Gleichung wurden dann die Verdunstungsmengen für diejenigen Tage berechnet, an denen keine Wägungen, wohl aber die Messung der Schneetemperaturen ausgeführt werden konnten. Diese Daten erlauben sodann eine rohe Abschätzung der jährlichen Bilanz des Wasseraustausches im Jungfraujochgebiet, die für die Schattenseite etwa 200 mm, für die Sonnenseite etwa 300 mm Verdunstung pro Jahr ergibt.

Die im Winter 1949/50 in Zürich ausgeführten Wägungen ergaben tagsüber immer Verdunstung, nachts jedoch immer Kondensation. Die Tagesbilanz war zum Teil negativ, zum Teil positiv. Während auf dem Jungfraujoch die täglichen Austauschmengen zwischen — 250 und — 1700 g/m<sup>2</sup> schwanken, variieren sie in Zürich zwischen + 70 und — 120 g/m<sup>2</sup>. Mengenmäßig scheint also der Austausch in der Ebene nicht von Bedeutung zu sein, während er im Hochgebirge den Wasseraushalt der Firnfelder stark beeinflussen sollte.

Ein Vergleich mit den Messungen von R. Billwiller, A. de Quervain sen. und M. de Quervain jun. zeigt, daß der Austausch stark von der Lage des Ortes abhängt.

**8. WALTER KUHN (MZA, Zürich). – *Zusammenhang zwischen Firnuzwachs, Sommertemperatur und Niederschlag nach Messungen auf dem Clariden- und Silvrettagletscher.***

Die von der Gletscherkommission der Physikalischen Gesellschaft Zürich (1913–1946) und der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt (seit 1947) alljährlich auf dem Clariden- und Silvrettagletscher durchgeführten Firnuzwachsmessungen sind heute umfangreich genug, um eine vorläufige Bearbeitung mit den Mitteln der mathematischen Statistik zuzulassen. Von Clariden liegen 28, von Silvretta 25 vollständige

Jahresergebnisse vor (publiziert in der Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, vor 1922 im Jahrbuch «Ski»). Die jeweilen im Herbst (meistens im September) gemachte Jahresaufnahme erfaßt in erster Linie den jährlichen Firnzuwachs, wie er anhand senkrecht eingesteckter Stangen (sog. Bojen) und durch Ausgrabung vorjähriger Ockerflecken bestimmt wird; der Firnzuwachs kann negativ werden, wenn der Schnee eines Winters im folgenden Sommer ganz wegschmilzt. Auf beiden genannten Gletschern werden zwei Meßstellen überwacht, deren Lage im Gelände durch Visuren festgelegt ist. Ein Niederschlagstotalisator im Claridengebiet (Geißbützistock 2720 m) und zwei solche in nächster Umgebung des Silvrettagletschers (Silvretthütte 2375 m und Eckhorn 3145 m) orientieren über den seit der letzten Jahresaufnahme gefallenen Niederschlag. Zur Untersuchung des Temperatureinflusses werden im Folgenden die Sommertemperaturen des Säntis (2500 m) herangezogen, und zwar dient als Grundlage die Summe der Monatsmittel von Juni bis September. So ergeben sich folgende  $Kk$  (Korrelationskoeffizienten) zwischen Firnzuwachs einerseits, Sommertemperatur bzw. Niederschlag anderseits:

	Temperatur (Säntis VI—IX)	Niederschlag (Totalisator)	Totaler $Kk$
Clariden			
obere B. (2900 m)	$-0,70 \pm 0,10$ ( $-0,64$ )	$0,79 \pm 0,07$ ( $0,75$ )	0,88
untere B. (2700 m)	$-0,68 \pm 0,10$ ( $-0,62$ )	$0,82 \pm 0,06$ ( $0,79$ )	0,89
Silvretta			
obere B. (3000 m)	$-0,34 \pm 0,18$ ( $-0,38$ )	$0,53 \pm 0,17$ ( $0,55$ )	0,78
Eckhorntotalisator			
untere B. (2750 m)	$-0,57 \pm 0,14$ ( $-0,51$ )	$0,47 \pm 0,16$ ( $0,38$ )	0,76
Hüttentotalisator			

(In jedem Feld steht zuerst der einfache  $Kk$ , dahinter  $\pm$  der mittlere Fehler, darunter in Klammern der partielle  $Kk$  unter Mitberücksichtigung des dritten Elementes; in der letzten Kolonne der totale  $Kk$  in bezug auf die entsprechende Regressionsgleichung).

Als Beispiel für die Regressionsgleichungen geben wir diejenige der oberen Claridenboje an, und zwar in einer Form, die von den Mittelwerten der 3 Elemente ausgeht:

$$Z = 286 - 21,7 (T_s - 17,7) + 1,87 (N - 344)$$

Hierin ist der Firnzuwachs  $Z$  und der Jahresniederschlag  $N$  in cm, die Temperatursumme  $T_s$  in  $^{\circ}\text{C}$  auszudrücken.

Als Ergebnis dieser statistischen Untersuchung sei festgehalten, daß mit Ausnahme der am wenigsten repräsentativen unteren Silvrettaboje überall der Einfluß des Jahresniederschlages denjenigen der Sommertemperatur etwas überwiegt.

**9. GIAN ALFRED GENSLER (MZA Kloten). — *Der Firnschwund im Berninagebiet.***

Von einzelnen Firnfeldern, die vom Oberengadiner Talboden um Samedan herum sichtbar sind, stehen seit 1833 Rundsichten und ab 1866 Photographien zur Hand, an welchen sich die Schwankungen der Höhenlage der Firnoberflächen gut verfolgen lassen. Seit 1947 wird dies vornehmlich an Felsgräten, -inseln und -fenstern durch Winkelmessungen an einem 45fach vergrößernden Fernrohr genauer festgestellt, indem die Überragungen dieser Felsen über den Firn gemessen werden. Eine Begehung des geeigneten Raumes hierfür, des Vadretin Misaun (LK Nr. 268, 788,5/145) legte auf Grund der Gesteinsverwitterung und Bodenbewachung den höchsten Firnstand der Glazialepoche 1550–1850 fest. Dieser Stand um 1600 als Ausgangshöhe 0 m (= 2960 m. ü. M.) genommen, führt zu folgenden Absenkungen in Metern an einem Nunatakfelsen in NW-Exposition und 35° Hangneigung; die Zahlen in Klammern stellen mutmaßliche sekundäre Extreme dar:

Jahr	Schwund	Jahr	Schwund	Jahr	Schwund	Jahr	Schwund
1600	0	1866	19	1905	32	1928	49
1833	9	(1870	18)	1907	41	1935	60
1836	18	1877	29	1917	34	1938	61
(1845	9)	(1885	21)	1920	29		ausgeapert
1855	7	(1896	17)	1923	34		
(1860	20)	1901	30	1927	44		

Der Firngrat des Vadret Rosatsch senkt sich ebenfalls gegenüber dem 50 m hinter ihm liegenden, 30 m höheren Gipfelfelsengrat;

Ausgangshöhe von 1899 (erste Photo) = 0 m (3127 m ü. M.) genommen:

Jahr	1901	1906	1917	1920	1923	1935	1945	1947	1948	1949	1950
Schwund	6	13	5	0	7	11	14	19	16	20	21

Im Jahre 1850 oder 1875 erstmals und 1935 erneut vermessene Firnkuppen oder -gipfel zeigen einen Firnverlust, der in ihrer abnehmenden Gipfelhöhe zum Ausdruck kommt, unterhalb 3400 m ergänzt durch den Misaun- und den Aletschgletscher (approx.):

(Gipfel-)Höhe	3900	3600–3400	3000	2750 m ü. M.
Absenkung	2–4	6–21	20–22	40 m
Anzahl	4	5	2	1

Diese Firnüberschüßdefizite bewirkten notgedrungen ein Ansteigen der Firnlinie (auf Eis) von 2920 m ü. M. Anno 1875 auf 3050 m 1943 und 3080 m 1949 (von 2830 auf 3000 m in NW-Exposition). Infolge des Retardierungseffektes der Gletscher liegt die eigentliche klimatische Schneegrenze (auf eisfreiem Boden) bereits nahe bei 3400 m ü. M.

**10. JOHANN HÄFELIN (MZA Zürich). — Anwendung der Baurischen Hochsommerregel und der Siebenschläferregel auf das Wetter in der Schweiz.**

Es wurde untersucht, ob die von Baur aufgestellte Regel: «Auf trockene, überhitzte erste Junihälfte folgt in Deutschland nasser Hochsommer» auch auf die nördlich der Alpen liegenden Gegenden der Schweiz angewandt werden kann. Zu diesem Zwecke wurden alle Jahre seit 1865 herausgesucht, die in Zürich für die Zeit vom 1. bis 15. Juni ein um  $2,3^{\circ}$  oder mehr über dem langjährigen Durchschnitt liegendes Tagesmittel der Temperatur aufweisen. Von den 12 Fällen, die dieser Bedingung genügen, entsprachen 10 der Regel. Tatsächlich lag in diesen 10 Jahren die mittlere Regenmenge von 16 Stationen der Alpennordseite in den Monaten Juli und August zusammen jeweils mindestens um 20 mm über dem Normalwert. Im Mittel beträgt der Überschuß in allen 12 Fällen, also einschließlich der beiden, die nicht der Regel entsprachen, 45 mm. Baur fand für den Zeitraum 1848–1943 ebenfalls 12 Fälle, von denen 11 der Regel entsprachen. Man kann also sagen, daß diese Regel mit fast gleich großer Wahrscheinlichkeit auf die nördlich der Alpen gelegenen Gegenden der Schweiz angewandt werden kann.

Eine zweite Regel wurde im Juniheft 1948 der Großwetterlagen Europas vom Deutschen Wetterdienst, Bad Kissingen, veröffentlicht. Darnach soll für Südwestdeutschland gelten: «Je häufiger und verbreiteter zwischen dem 26. und 30. Juni Regen fällt, um so niederschlagsreicher wird der Juli». Da nach alter Bauerregel das Wetter des 27. Juni, des Siebenschläfertages, den Wettercharakter des Juli bestimmen soll, wird diese Regel Siebenschläferregel genannt. Betrug nun die Häufigkeit der Niederschlagstage der sechs Stationen Bern, Neuchâtel, Genève, Altdorf, Zürich und Basel in der Zeit vom 26. Juni bis 30. Juni weniger als 40%, so wiesen von den insgesamt 42 Fällen, die in den Jahren 1865 bis 1949 auftraten, 24 eine unternormale Niederschlagsmenge auf, was also einer Wahrscheinlichkeit von 57% entspricht. Das Mittel der Abweichungen aller 42 Fälle beträgt nur —1 mm. Anderseits war die Häufigkeit der Niederschläge in 14 Jahren größer als 60%. Acht dieser zwölf Fälle ergaben eine positive Abweichung der Juliregenmengen, also wiederum eine Wahrscheinlichkeit von 57%. Die mittlere Abweichung aller 14 Fälle beträgt + 5 mm. Diese Regel ist also in der Schweiz kaum anwendbar.

**11. JOHANN HÄFELIN und WALTER KUHN (MZA Zürich). — Untersuchungen über die Wirkung verschiedener Frostschutzschirme an Reben. (Vorversuche.)**

Von landwirtschaftlicher Seite wurde die MZA ersucht, die Wirksamkeit verschiedener Frostschutzschirme an Rebstöcken zu prüfen und miteinander zu vergleichen. Für die Schutzwirkung ist, neben andern Faktoren, vor allem die Temperatur unter dem Schirm maßgebend. Als Meßkörper wurden, da es nur auf die Differenz der Temperatur unter-

und außerhalb des Schirmes ankommt, Thermoelemente gewählt, deren Angaben mittels eines Sechsfarbenschreibers registriert wurden. Der Nullpunkt war in die Mitte des Schreibbandes gelegt, so daß sowohl positive wie negative Abweichungen abgelesen werden konnten. Der halben Skalenbreite von 75 mm entsprach eine Temperaturdifferenz von 7,6 Grad, so daß das Zehntelsgrad gut beobachtet werden konnte.

Die Messungen ergaben in klaren und windschwachen Nächten der Monate April und Mai 1950 folgende Resultate:

1	2	3	4	Papier- schirm	Karton- schirm
+ 0,94° C	+ 0,90° C	+ 0,89° C	+ 1,10° C	- 0,70° C	- 0,34° C

Es zeigt sich also, daß die Papier- und Kartonschirme, wohl infolge verstärkter Ausstrahlung des Materials, unter dem Schirm tiefere Temperaturen aufweisen als außerhalb. Von den Strohschirmen ergab ein von privater Seite erstellter und nicht im Handel erhältlicher Schirm, bei dem die Halme besonders dick angeordnet sind, ein etwas besseres Resultat als die andern. Um den Strahlungseinfluß, dem die Thermoelemente unterworfen sind, zu überprüfen, wurde zeitweise die äußere Lötstelle beim Schirm 1 mit einem Karton nach oben abgeschirmt. Der Mittelwert dieser Messungen ergab eine Abweichung von nur + 0,40°. Ebenso wurde während längerer Zeit beim Schirm 1 ein Zehnfach-Element angebracht, dessen 10 Lötstellen fächerartig angeordnet und nicht mit Wachs zusammengehalten waren. Der Mittelwert der Temperaturdifferenzen betrug mit diesem Meßkörper + 0,60°.

Es ist geplant, die definitiven Messungen nächstes Jahr auszuführen und dabei auch andere Elemente wie Feuchte, Verdunstung, Reibildung usw. zu bestimmen, um die Frage nach der Güte der verschiedenen Frostschirme genauer abklären zu können.

## 12. KARL FREY (Olten). — *Die Druckgradienten bei Föhn.*

Entlang des Süd-Nord-Profils Lugano—Airolo—Gotthard—Göschenen—Altdorf—Pilatus—Zürich wurden auf Grund der Beobachtungen der Jahre 1938/39 die 24stündigen Änderungen des Nord-Süd-Gradienten des Luftdruckes (— = Föhngradientänderung; + = Staugradientänderung) in mb gebildet und mit Hilfe der entsprechenden Temperaturänderungen auf 500 m ü. M. und für das Stationspaar Gotthard/Pilatus auf 2000 m ü. M. reduziert. Diese Werte sind in Tab. 1 zusammengestellt und zeigen als wichtigstes Ergebnis, daß der Hauptanteil der Gradientänderungen zwischen den rund 16 km entfernten Stationen Airolo und Göschenen liegt. Den Gradientänderungen entsprechen auf der Alpennordseite Temperaturänderungen umgekehrten Vorzeichens, die ihr größtes Ausmaß auf den Bergstationen erreichen.

Tab. 1

Fälle	Gradientänderungen in mb						Temperaturänderungen			
	Lu-Al	Lu-Ai	Ai-Gö	Gö-Al	Al-Zü	Go-Pi	Lu	Go	Pi	Al
40	— 8,3	— 2,6	— 4,4	— 1,3	— 0,9	— 2,8	— 2,4	+ 1,3	+ 4,1	+ 0,5
30	+ 10,2	+ 2,2	+ 6,3	+ 1,7	+ 0,3	+ 3,6	+ 1,3	— 3,1	— 5,9	— 3,7

In entsprechender Weise wurden nun bei den typischen Föhn- und Staulagen der Jahre 1938/39 die Luftdruckgradienten (Gr) berechnet und auf 500 m ü. M. und für die Bergstationen auf 2000 m ü. M. reduziert.

Unter  $\Delta \delta$  ist die Differenz der potentiellen Temperaturen der betreffenden Stationen angegeben, wobei die Vorzeichen angeben, ob die nördlich gelegene Station eine höhere oder tiefere Temperatur aufweist. Diese Werte sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Tab. 2

Wetterlage	Fälle	Lu-Al		Lu-Ai		Ai-Gö		Gö-Al		Al-Zü		Go-Pi		
		Gr	$\Delta \delta$	Gr	Gr	$\Delta \delta$	Gr	Gr	$\Delta \delta$	Gr	Gr	$\Delta \delta$	Gr	$\Delta \delta$
Föhnlagen	21	— 8,7	+ 8,3	— 1,3	— 5,0	+ 5,5	— 2,4	— 0,4	— 3,7	— 4,2	+ 6,3			
Staulagen	25	+ 7,8	— 5,6	+ 2,4	+ 3,8	— 2,4	+ 1,6	+ 0,2	+ 0,4	+ 2,3	0,0			
Föhnbeginn	17	+ 1,6	— 0,9	+ 0,2	+ 0,4	— 0,1	+ 1,0	— 0,4	+ 0,8	— 0,4	+ 1,2			
Föhnende	23	— 0,2	+ 2,5	— 0,9	+ 0,2	0,0	+ 0,5	0,0	— 0,5	— 0,9	— 1,2			

Die Stationen Göschenen und Airolo haben eine rund zehnmal kleinere Entfernung als die Stationen Zürich und Lugano. Doch macht der Gradientanteil zwischen diesen 16 km entfernten Stationen bei Föhnlagen mit 5 mb 55 % und bei Staulagen mit 3,8 mb 47 % des gesamten Luftdruckgradienten zwischen Zürich und Lugano aus. Diese eigenartige Verteilung der Luftdruckgradienten, die mit derjenigen der Gradientänderungen sehr ähnlich ist, läßt sich mit Hilfe der angegebenen Differenzen der potentiellen Temperaturen fast vollständig erklären. Verwenden wir letztere, um den Druckgradienten in 2000 m ü. M. zu berechnen, so finden wir eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Druckgradienten zwischen Gotthard und Pilatus. Dieser ist besonders bei Südföhn mit 4,2 mb (Entfernung: rund 50 km) verhältnismäßig groß. Doch ist zu berücksichtigen, daß die Stromlinien gegen die isobaren Flächen geneigt sind. Dieser große Druckgradient und das barokline Solenoidfeld sind die Hauptenergiequellen der Föhnströmung.

Im weiteren wurde noch die mittlere Gradient- und Temperaturverteilung bei «Föhnbeginn» und «Föhnende» bestimmt.

**13. MAX BIDER (Basel) und J. C. THAMS (Locarno-Monti). — *Die Schwüle meteorologisch betrachtet.***

Vielfache experimentelle Untersuchungen haben ergeben, daß der sich in Ruhe in einem Zimmer befindende Mensch im allgemeinen dessen Schwüle empfindet, wenn der Dampfdruck der Luft  $14,1$  mm Hg überschreitet<sup>1</sup>. Man kann darnach einen Tag als «schwül» bezeichnen, an dem zu irgend einer Terminbeobachtung ein Dampfdruck  $\geq 14,1$  mm Hg gemessen wurde. Für Basel (1930–1949) ergab sich die folgende mittlere jährliche Anzahl von Tagen, an denen ein bestimmter Stufenwert des Dampfdruckes von mindestens  $14,1$  mm Hg zu irgend einer Terminbeobachtung erreicht wurde.

Dampfdruck mm Hg	14,1–14,5	14,6–15,0	15,1–15,5	15,6–16,0	16,1–17,0	17,1–18,0	18,1–19,0	1,1
Anzahl	7,6	5,3	4,2	3,2	3,0	0,8	0,4	0,4

Man erkennt daraus, daß rund die Hälfte aller schwülen Tage in Basel auf den kleinen Bereich von  $14,1$  bis  $15,0$  mm Hg Dampfdruck fallen. Relativ kleine Unsicherheiten in der Bestimmung des Dampfdruckes werden also die Zahl der schwülen Tage sehr stark beeinflussen. Da die Messung der Feuchtigkeit nicht überall in gleicher Weise vorgenommen wird (Hygrometer, ventilierter und unventilierter Psychrometer u. a. m.), wobei sehr beträchtliche Unterschiede auftreten können (in Locarno-Monti wurden in den zwei Jahren 1948 und 1949 mit dem ventilierten Psychrometer 62, mit dem Hygrometer 15 und mit Hygrographen 28 schwüle Tage bestimmt!), wurde mit Nachdruck auf die Wichtigkeit einwandfreier Feuchtigkeitsmessungen hingewiesen. (Wahrscheinlich sind auch die von W. Mörikofer angegebenen Zahlen der schwülen Tage Basel 28, Zürich 14 und Bern 11 zum Teil durch instrumentelle Fehler gefälscht). Interessant und wohl eindeutig ist der Vergleich der mittleren monatlichen Zahl der schwülen Tage in Basel (1930–1949) und Mailand (1903–1947)

	Schwüle Tage						
	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	Jahr
Basel	0,7	5,1	7,1	7,8	4,0	0,2	24,9
Mailand	1,2	6,1	16,4	17,3	8,2	0,5	49,7

	Tage mit einem Dampfdruck $\geq 14,1$ mm Hg an allen drei Terminen						
	0,1	0,3	0,8	0,8	0,2	—	2,2
Basel	0,1	1,2	5,3	6,5	2,5	—	15,6

Eine Auszählung der Dampfdruckwerte  $\geq 14,1$  mm Hg nach einzelnen Terminen ergab

für Basel um 7.30 h: 4,5, 13.30 h: 18,1 21.30 h: 13,5  
für Mailand um 9.00 h: 27,4 15.00 h: 30,1 21.00 h: 38,1

<sup>1</sup> Vgl. z. B. K. Scharlau: Die Schwüle als meßbare Größe. Bioklimat. Beiblätter Bd. 10, S. 19, 1943.

so daß also in Basel der Mittagstermin stark überwiegt, in Mailand dagegen bei einem Maximum am Abendtermin die Häufigkeit viel ausgelielter ist. Naturgemäß ist die ununterbrochene Aufeinanderfolge schwüler Tage in Mailand viel größer als in Basel. (In Basel beträgt die durchschnittliche jährliche Zahl von Perioden mit 5 und mehr Tagen 1,0, in Mailand dagegen 4,4.) Eine Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Dampfdruckwerten  $\geq 14,1$  mm Hg am Mittagstermin ergab für Basel (1931–1948) folgendes Resultat:

Temperatur	$< 20^\circ$	$20^\circ$	$22^\circ$	$24^\circ$	$26^\circ$	$28^\circ$	$30^\circ$	$32^\circ$	$34^\circ$	$36^\circ$	$38^\circ$
Anzahl Tage $\geq 14,1$ mm Hg	1,1		1,3	1,9	3,5	4,2	3,8	2,6	1,0	0,2	—
Prozentuale Häufigkeit							28	39	49	40	19

Es zeigt sich, daß in Basel Schwüle am häufigsten bei Mittagstemperaturen von  $26$ – $28^\circ$  vorkommt, daß aber selbst bei Temperaturen von  $28$ – $30^\circ$  nur knapp die Hälfte dieser Tage schwül ist, und daß die relative Häufigkeit sogar mit zunehmender Temperatur wieder abnimmt. Weiterhin wurde für Basel festgestellt, daß im Sommer 22 % aller Niederschlagsstage, 49 % aller Gewittertage und 83 % aller Tage mit Hagel schwül waren. Dagegen ließ sich am Basler Material die von Scherhag<sup>1</sup> für Potsdam gefundene enge Beziehung zwischen Dampfdruck und Gewitterhäufigkeit nicht nachweisen, indem in Basel die Gewitterhaftigkeit bei  $14$ – $16$  mm Hg 37 % und auch bei Werten über  $16$  mm Hg Dampfdruck nur 38 % erreicht.

#### 14. PETER COURVOISIER (Davos). — *Über einen neuen Strahlungsbilanzmesser.*

F. Albrecht hat 1933 ein Meßgerät zur Bestimmung der Energiebilanz aller elektromagnetischen Strahlungsströme beschrieben, die auf eine Fläche auftreffen oder von ihr wegfließen. Ohne Zweifel ist diese Strahlungsbilanz die wichtigste Größe, die von der meteorologischen Strahlungsforschung an die thermodynamisch orientierte Meteorologie und Geophysik weitergegeben werden kann; denn die durch Strahlung zugeführte oder wieder verlorene Leistung bedingt Richtung und Umfang aller großräumigen thermodynamischen Vorgänge in der Atmosphäre. Die Konstruktion von einwandfrei, zuverlässig und übersichtlich arbeitenden Meßgeräten für die Messung der Strahlungsbilanz muß daher als eine wesentliche Aufgabe der experimentellen Technik auf dem Gebiet der Strahlungsempfänger angesehen werden. Das Davoser Observatorium hat sich nun dieser Aufgabe zugewandt und die neuen Methoden, die zur Lösung von theoretischen wie von technischen Problemen auf dem Gebiet des Baues von Strahlungsmeßinstrumenten in den letzten Jahren dort entwickelt worden sind, für die Konstruktion eines verbesserten Strahlungsbilanzmessers eingesetzt. Im Gegensatz zur bisherigen Praxis bei derartigen Meßgeräten sollte jedoch nicht ein

<sup>1</sup> R. Scherhag: Wetteranalyse und Wetterprognose, Berlin/Heidelberg 1948, S. 279.

«einfaches» Instrument entstehen, wobei dann die Schwierigkeiten der Methode erst in der Handhabung auftauchen; es sollte im Gegenteil die Messung mit dem Instrument möglichst einfach und übersichtlich sein, wozu die Probleme der ganzen Meßmethode schon bei der bis ins Detail vorausberechneten Konstruktion des Instrumentes durch geeignete Maßnahmen zu lösen waren. Diese Schwierigkeiten bestehen zur Hauptsache in einer Beeinflussung der Temperaturen der geschwärzten und völlig frei exponierten Meßflächen des Instrumentes durch den natürlichen Wind und die aus der Mikroklimaforschung bekannten raschen Schwankungen der Lufttemperatur um 1° C und mehr, sowie bei den bisher gebauten Strahlungsbilanzmessern in einer viel zu großen Einstelldauer, einer großen Temperaturabhängigkeit ihrer Empfindlichkeit und der Notwendigkeit zu zeitraubenden Eichmessungen bei jeder einzelnen Ablesung. Die beiden ersten Schwierigkeiten konnten durch eine hydrodynamisch möglichst sorgfältig durchgearbeitete Ventilationsvorrichtung mit optimal kleiner Störung der Bestrahlungsverhältnisse der Meßplatten sowie wärmeströmungstechnisch mit einer Brückennmethode überwunden werden. Die Temperaturabhängigkeit und die Einstelldauer konnten durch Wahl geeigneter Legierungen für die Teile der ganz aus Metall gebauten Meßplattensysteme so klein gehalten werden, daß sie keine Rolle mehr spielen. Zuletzt wurde die elektrische Schaltung des Instrumentes eingehend bearbeitet, so daß alle Ablesungen, die mit mehreren Empfindlichkeiten an einem Lichtmarken-Galvanometer (Nachtableslungen!) als einzigem Anzeigegerät gemacht werden können, direkt und ohne zeitraubende Rechnungen die gesuchten Strahlungsintensitäten in cal/min/cm<sup>2</sup> ergeben. Die in die Meßplatten eingebauten Heizvorrichtungen (Netzanschluß) gestatten die Entwicklung einer genau bekannten und gleichmäßig verteilten Heizleistung und damit eine Kontrolle der Einstellung der mit vielgliedrigen Thermosäulen arbeitenden Meßvorrichtung für die Temperaturdifferenzen. Das Instrument besitzt zwei Thermosäulen, mit denen einzeln die Teilbilanzen der nach oben oder nach unten freien Meßflächen gemessen werden können oder in einer Differenzschaltung die Strahlungsbilanz des Bodens unter dem Meßinstrument.

**15. H. WIERZEJEWSKI (Observatorium Davos). — Erweiterung des Frigorimetermeßbereiches zur Miterfassung der Aufwärmungsgröße.**

Die Messung des Wärmeaustausches zwischen der Frigorimeterkugel mit der Temperatur 36,5° C und ihrer Umgebung ist mit dem gewöhnlichen Frigorimeter nur möglich, wenn Abkühlungsverhältnisse herrschen, d. h. wenn die Frigorimeterkugel durch die thermischen Umgebungseinflüsse einen Wärmeverlust erleidet. Wenn dagegen infolge hoher Lufttemperatur oder starker Einstrahlung die Gesamtwärmebilanz eine Wärmezufuhr zur Kugel ergibt, d. h. wenn «Aufwärmungsverhältnisse» herrschen, versagt das Frigorimeter. Man kann aber diese Wärmezufuhr (pro Zeiteinheit und pro Oberflächeneinheit) zur Frigori-

meterkugel mit der konstanten Temperatur  $36,5^\circ$ , die man sinngemäß als «Aufwärmungsgröße» bezeichnen müßte, auf einem Umweg bestimmen. Da nämlich die Wärmeaustauschgröße  $A^1$

$$A = h_K (\vartheta - \vartheta_L) + a_L \sigma (T^4 - T_u^4) - a_k J = f(\vartheta)$$

einer Frigorimeterkugel eine eindeutige, monoton wachsende Funktion  $f(\vartheta)$  der Kugeltemperatur ist, kann bei nicht zu großen Temperaturdifferenzen  $\vartheta_1 - \vartheta_0$  und  $\vartheta_2 - \vartheta_0$  aus den Werten  $A_1 = f(\vartheta_1)$  und  $A_2 = f(\vartheta_2)$  der Wert  $A_0 = f(\vartheta_0)$  für die Frigorimeterkugel mit der Temperatur  $\vartheta_0 = 36,5^\circ$  durch lineare Extrapolation gefunden werden.  $\vartheta_1$  und  $\vartheta_2$  wählt man hierbei so groß, daß  $A_1$  und  $A_2$  positiv sind, d. h. Abkühlungen darstellen, so daß diese Werte mit 2 gewöhnlichen Frigorimetern mit den Kugeltemperaturen  $\vartheta_1$  und  $\vartheta_2$  gemessen werden können. Am einfachsten wird die Extrapolationsformel für  $\vartheta_2 - \vartheta_1 = \vartheta_1 - \vartheta_0$ , dann gilt nämlich  $A_0 = 2A_1 - A_2$ . Ergibt sich hierbei die Größe  $A_0$  negativ, so ist sie identisch mit der oben definierten Aufwärmungsgröße, ergibt sich dagegen die Größe  $A_0$  positiv, so ist sie identisch mit der Abkühlungsgröße, die auch mit einer einzigen Frigorimeterkugel der Temperatur  $36,5^\circ$  gemessen werden könnte. Eine vorläufige Fehlerabschätzung läßt erwarten, daß die vorgeschlagene Meßmethode gestatten wird, Aufwärmungsgrößen mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln. Eine experimentelle Untersuchung darüber ist beabsichtigt.

**16. WALTER MÖRIKOFER** (Observatorium Davos). — *Übersicht über die Arbeiten des Davoser Observatoriums auf den Gebieten der Strahlungsforschung und der medizinischen Klimatologie.*

Einleitendes Referat zur Führung der GMA durch das strahlungsklimatische Observatorium Davos.

**17. H. G. CANNEGIETER** (De Bilt, Holland). — *Der jährliche Gang des Wetters in West- und Zentraleuropa nach Tagesmitteln.*

In zwei früheren Vorträgen<sup>2</sup> wurden die Abweichungen von Dekaden und Tagesmitteln einiger meteorologischer Elemente von dem kontinuierlichen Verlauf nach Monatsmitteln besprochen. Eine Arbeit von Rethly über das Klima von Budapest<sup>3</sup>, nach Beobachtungen einer 75jährigen Reihe (1871–1946), enthält Tabellen mit Tagesmitteln des Luftdruckes, der Temperatur und des Niederschlags. Diese Tabellen gestatten den jährlichen Gang dieser Elemente in derselben Weise zu behandeln wie für die Station De Bilt. Der Vergleich der erhaltenen Kurven führt zu dem überraschenden Resultat, daß die Abweichungen für die beiden Stationen vom kontinuierlichen Verlauf nach Monatsmitteln das ganze Jahr hindurch im gleichen Sinne verlaufen und daß die Einzelheiten zu

<sup>1</sup> Vgl. H. Wierzejewski: Theoretisches und Konstruktives zur Messung der Abkühlungsgröße. Arch. Met. Geoph. Biokl., Serie B, Bd. 2, Heft 1/2, 65 (1950).

<sup>2</sup> Verh. d. S. N. G. 1947, S. 68, und 1949, S. 117.

<sup>3</sup> Rethly Antal, Budapest 1947. Budapest eghaslata (The clima of Budapest).

praktisch denselben Daten oder Pentaden eintreten. Diese Untersuchungen des jährlichen Wetterverlaufs sollten an mehreren Stationen Europas unternommen werden.

Der Vergleich der beiden Stationen weist darauf hin, daß in unserem Weltteil in der Großwetterlage Schwankungen vorkommen, welche in allen Jahreszeiten an gleichen Daten den Gang des Wetters in einer ganz bestimmten Weise beeinflussen, wobei Abweichungen von den kontinuierlichen Mittelwerten im positiven wie auch im negativen Sinne vorkommen.

### **18. ROBERT HAEFELI (Zürich). — *Beobachtungen im Eisstollen.***

In der Zeit vom Herbst 1948 bis Frühsommer 1949 wurden im Zusammenhang mit den Vorarbeiten für das Kraftwerk Grande-Dixence von der S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS) zwei Eisstollen im Mont-Collon-Gletscher vorgetrieben und in ihrem Auftrage glaziologische Untersuchungen durchgeführt. Die diesbezüglichen Messungen wurden dem Beauftragten der EOS, Herrn Grosjean, übertragen. .

Der *obere Eisstollen* wurde am Fuße des Eissturzes auf zirka 2400 m mit einer ursprünglichen Neigung nach außen von 5 % angelegt. Nach einem Vortrieb von zirka 202 m wurde der Fels angetroffen, der sich hier in einer zirka 60 m hohen, annähernd vertikalen Steilstufe über den Stollen erhob. An der Oberkante der Steilstufe hatte sich der Eisstrom ähnlich einem belüfteten Wasserstrahl vom Fels losgelöst, wobei zwischen Eis und Fels eine Hohlkehle von zirka 2–4 m Lichtweite entstand. Dagegen wurde in den anschließend ausgeführten Querstollen in der Regel nur ein schmaler Spalt zwischen Fels und Eis angetroffen. Die Schichtung des Eises verlief hier genau parallel der glatten Felsoberfläche. In Felsnähe waren einzelne Schichten stark von Sand durchsetzt.

Im Hauptstollen ließ die von den geologischen Experten aufgenommene Eisschichtung eine ausgesprochene Synklinale mit Axe in zirka 150 m ab Stollenausgang erkennen, was wohl darauf zurückgeführt werden darf, daß in dieser Zone die Vertikalkomponente der Geschwindigkeit ein Maximum erreichte. Die Gleitgeschwindigkeit auf dem Felsuntergrund hatte die Größenordnung von 3 cm/Tag, die Geschwindigkeit beim Stolleneingang (Gletscheroberfläche) zirka 15 cm/Tag. Das längs der Stollenaxe aufgenommene Geschwindigkeitsprofil der Gletscherbewegung, bei dem die horizontalen Komponenten wesentlich genauer festgestellt werden konnten als die vertikalen, zeigt dementsprechend eine ähnliche Form wie die Eisschichtung. Im Laufe von 2 Monaten erfuhr deshalb der Stollen eine erhebliche Durchbiegung, welche zu Schwierigkeiten in der Entwässerung führte.

Überraschend war die außerordentlich starke Dehnung des Eises in Stollenrichtung bei der hintersten, ursprünglich 20 m langen Meßstrecke, die sich in 40 Tagen um zirka 20 %, bzw. rund 4 m dehnte, ohne die geringste Rißbildung zu erfahren. Diese stetige Verlängerung von im Mittel 0,5 % pro Tag kann im wesentlichen als plastische Querdehnung

infolge der starken vertikalen Belastung durch den darüberliegenden Steilhang angesprochen werden.

Um die relativ rasche plastische Verformung im Stollenquerschnitt genauer zu studieren, wurde bei hm 1,25 ein 5 m langer Kreiszylinder von 220 cm Durchmesser ausgebrochen und dessen fortschreitende Verengung im Laufe eines Monats gemessen. Die Tatsache, daß das verformte Stollenprofil nur wenig von der Kreisform abwich, deutet darauf hin, daß in der Ebene quer zur Stollenaxe ein annähernd hydrostatischer Spannungszustand vorherrscht. Die Kontraktionsgeschwindigkeit des Stollendurchmessers betrug rund 0,82 % pro Tag. Dieser relativ hohe Wert läßt darauf schließen, daß hier eine Druckzone vorliegt, in welcher der Stollen wesentlich größeren Drücken als der vertikale Überlagerungsdruck ausgesetzt ist.

Bei einfacheren Randbedingungen, wie sie z. B. im Stollen des Zmuttgletschers vorlagen, bietet die Messung der Kontraktionsgeschwindigkeit von Kreisstollen die Möglichkeit, die mittlere Zähigkeit des Eises zu berechnen. Dabei zeigt sich, daß die Kontraktionsgeschwindigkeit eines vertikalen Kreisschachtes proportional mit dem Radius abnimmt, so daß ein vollständiges Schließen der Öffnung theoretisch unendlich lange Zeit erfordern würde. Das Schließen von Stollen und Schächten erfolgt aber nicht allein durch plastische Kontraktion, sondern durch die Auspressung der in den Korngrenzen enthaltenen flüssigen Phase in der Richtung des Hohlraumes und deren Regelation infolge Druckabfalls. Dieses Ausfüllen des Hohlraumes mit porenfreiem Eis kann in der letzten Phase des Schließprozesses eine maßgebende Rolle spielen und zur Folge haben, daß eine Blauader entsteht. Eine entsprechende Bildung eines Blaubandes beim Schließen einer künstlich erzeugten Kerbe konnte später in einem Stollen des Zmuttgletschers beobachtet werden.

#### **19. ROBERT HAEFELI (Zürich). — *Morphologische Beobachtungen an einer Gletscherzunge.***

In Ergänzung des oben beschriebenen Stollens wurde der untere Eisstollen im Frühjahr 1949, ausgehend vom Tor des Bas-Glacier d'Arolla — wie die Bezeichnung der Zunge des Mt.-Collon-Gletschers in der neuen Karte lautet —, auf 2120 m längs des Gletscherbaches zirka 340 m weit vorgetrieben. Die Neigung der in der Moräne eingeschnittenen Bachsohle, unter der A. Süßtrunk auf Grund seiner seismischen Aufnahmen noch eine mächtige Schicht von Toteis vermutet, zeigte vom Gletschertor gegen das Stollenende ein stetiges Abklingen von zirka 10–6 %.

Auffallenderweise war die untere Begrenzung des Eises über dem Gletscherbach nicht gewölbeartig ausgebildet, sondern horizontal. Das Eis fließt hier im wesentlichen vertikal nach unten, ohne Gleiten auf der Unterlage. Dabei taucht der Gletscher unter den Wasserspiegel und wird bei höheren Wasserständen in horizontalen Schichten abgeschmolzen. Steigt die Wassermenge nach einer längeren Niederwasserperiode

plötzlich an, so kann es vorkommen, daß das Gerinne als Druckstollen arbeitet, wobei die Schleppkraft um ein Vielfaches erhöht wird. Gleichzeitig werden die Widerlager der Eisbrücke abgeschmolzen, was zu Einbrüchen führen kann.

Auf Grund des Verlaufes der Spannungstrajektorien und der starken Konzentration der Kräfte in den Widerlagern des unsichtbaren Gewölbes wird der Verformungsprozeß des Gletschers über dem Gletscherbach einigermaßen durchsichtig. Die lokal starke Vertikalbewegung kann sich bis an die Gletscheroberfläche auswirken und zur Folge haben, daß über dem subglazialen Bach ein oberflächlicher Talweg mit einer entsprechenden Rinne entsteht. In diesem Falle gibt die Projektion des oberflächlichen Gerinnes wertvolle Anhaltspunkte über den Verlauf des subglazialen Wasserlaufes, so daß ein enger Zusammenhang zwischen der Morphologie von Ober- und Unterfläche des Gletschers besteht. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Lauf des subglazialen Gletscherbaches genügend stabil ist.

Beim Mt.-Collon-Gletscher ist obige Bedingung weitgehend erfüllt, obschon der Gletscherbach in einem wahrscheinlich von Eis unterlagerten Moränehorizont eingeschnitten ist. Daher die ausgesprochene Talbildung an der Gletscheroberfläche, die auch in der talwärts spitzeren Form der Ogiven zum Ausdruck kommt.

Eine durch ähnliche Ursachen hervorgerufene örtliche Vertikalbewegung des Gletschereises dürfte auch bei der Bildung von gewissen muldenförmigen Vertiefungen der Gletscheroberfläche in der Umgebung von Strudellochern mitspielen, so z. B. bei den «Entonnoirs» auf dem Gornergletscher. Beim Zmuttgletscher konnte der skizzierte Verformungsprozeß ferner an der lokalen Krümmung der Eisschichtung beim Gletschertor festgestellt werden.

#### 20. AUGUST SÜSSTRUNK (Zürich). — *Seismische Gletscheruntersuchungen 1948–1950.*

In Weiterentwicklung der durch deutsche Geophysiker (im besondern durch H. Mothes) erstmals angewendeten Meßtechnik hat Professor A. Kreis, Chur, durch seine Arbeiten im Rahmen der Schweizerischen Gletscherkommission die Grundlagen geschaffen für die zuverlässige Anwendbarkeit der seismischen Sondiermethode (Reflexionsverfahren) zur Eisdickenmessung und zur Ermittlung der Topographie der Trennfläche Eis-Fels unter Gletschern.

Ein großes Anwendungsgebiet für diese Gletscherseismik eröffnete sich 1948 im Zusammenhang mit den Studien zum Kraftwerkprojekt «Grande-Dixence» im Wallis. Es stellte sich die Aufgabe, den Verlauf der subglazialen Felsoberfläche unter verschiedenen Gletschern rasch und möglichst genau zu ermitteln (für die Projektierung subglazialer Wasserfassungen, Wahl von Stollentrassen usw.). Es wurden folgende Gletscher untersucht: Gornergletscher mit Bodengletscher, inkl. alle Seitengletscher des Gornergletschers bis zirka 2800 m ü. M, Zmutt-

gletscher, Glacier du Mt. Collon (Bas-Glacier d'Arolla), Glacier de Tsidjiore Nouve. Insgesamt wurden damit nahezu  $12 \text{ km}^2$  Gletscheruntergrund seismisch abgetastet; die ermittelten Eismächtigkeiten (in Gletscherachse) liegen zwischen 80 und 500 m. Diese ausgedehnten Untersuchungen wurden von der Firma Dr. H. Knecht und A. Süßtrunk, Zürich, ausgeführt, im Auftrage der S. A. L'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne. Ab 1949 wurde mit einer modernen, mit elektrischen Seismometern und Verstärkern ausgerüsteten Apparatur gearbeitet, welche sich sehr gut bewährt und welche ein wesentlich rascheres und genaueres Arbeiten gestattet als die früher verwendete Ausrüstung der Schweizerischen Gletscherkommission. Für die Auswertung (dreidimensional, nach Dreipunktprinzip) konnte ein praktisches und schnell arbeitendes graphisches Verfahren ausgearbeitet werden, wodurch die Verarbeitung des bei diesen Untersuchungen anfallenden gewaltigen Seismogrammmaterials erst eigentlich ermöglicht wurde.

Auf dem Gornergletscher wurden unsere Messungen erstmals durch thermische Bohrungen (System Calciati-EOS) nachkontrolliert, wobei sich eine Übereinstimmung innerhalb  $\pm 2-5\%$  der angegebenen Tiefen ergab. Beim Glacier du Mt. Collon und beim Zmuttgletscher traten u. a. sehr interessante seismologische und glazialogische Probleme auf (Innenmoränen, Eisschichten mit erhöhter Geschwindigkeit für Longitudinalwellen, Wechselwellen), welche die Auswertung der Daten teilweise sehr komplizierten und erschwerten. Eine ausführliche Diskussion der Resultate wird in einer späteren Veröffentlichung erfolgen.

1949 und 1950 führten wir ferner (im Auftrag der Electricité de France) Sondierungen aus auf der Mer-de-Glace im Mont-Blanc-Gebiet. Diesen Untersuchungen war die Aufgabe gestellt, den Verlauf eines tiefeingeschnittenen Grabens unter der Gletscherzunge festzustellen, dessen Sohle im Zusammenhang mit dem Projekt einer subglazialen Wasserfassung im weiteren durch Bohrungen noch genauer abgetastet werden soll. Schließlich wurde 1950 in Zusammenarbeit zwischen der Gletscherkommission und der Firma Dr. H. Knecht und A. Süßtrunk eine die langjährige Sondierarbeit auf dem Unteraargletscher abschließende Untersuchung auf dem Strahlegg-, Finsteraar- und Unteraargletscher ausgeführt. Es zeigte sich, daß dieser Gletscher sich für seismische Sondierungen besonders gut eignet, indem die Qualität der Seismogramme vom Unteraargletscher (inkl. Seitengletschern) im Vergleich zu den auf andern Gletschern gewonnenen außerordentlich gut ist (die Schweizerische Gletscherkommission hatte also viel Glück in der Wahl dieses Gletschers als Experimentierfeld für das seismische Sondierverfahren). So war es bei dieser Sondierung wiederholt möglich, aus einem Seismogramm verschiedene deutlich voneinander getrennte und von verschiedenen Talfanken stammende Reflexionseinsätze zu gewinnen und auszuwerten.