

führung von Rettungsaktionen in der Arktis. Hier sammelte er große Kenntnisse für den Einsatz technischer Mittel in Polarregionen.

Nach dem Zweiten Weltkrieg gründete er 1947 die *Expédition Polaires Françaises*, deren Leiter er heute noch ist. Von 1948 bis 1953 leitete er die französischen Grönlandexpeditionen. Danach erfolgte der Aufbau der französischen Basis *Terre Adélie* in der Antarktis mit drei Sommercampagnen. 1957 ist das Gründungsjahr der EGIG I (1957—60), deren organisatorischer Leiter er wegen seiner großen Expeditionserfahrung wurde. In die Jahre von 1961 bis 1967 fallen sechs Sommercampagnen, davon fünf in *Terre Adélie* in der Antarktis und eine in Grönland. Auf der 2. Internationalen Glaziologischen Grönlandexpedition 1967 (EGIG II) ist P. E. Victor wieder organisatorischer Leiter.

Nicht nur wegen seiner großen vielseitigen Verdienste wurde P. E. Victor von der

Deutschen Gesellschaft für Polarforschung die *Karl-Weyprecht-Medaille* verliehen, sondern auch, weil er Deutschland nach dem Kriege wieder in die aktive Polarforschung einbezogen hat.

Aus dem Wunsch, die geophysikalischen Arbeiten der *Alfred-Wegener-Expedition 1929/31* wiederaufzunehmen und weiterzuführen, war in den fünfziger Jahren der Kontakt mit P. E. Victor zustande gekommen. Dieser Kontakt führte zur Beteiligung Deutschlands an der *Expédition Glaciologique International au Grönland I 1959*. Auf einem geodätisch vermessenen und nivelliertem Ost-West- und Nord-Süd-Profil wurden die geophysikalischen Eigenschaften und Mächtigkeiten des Inlandeises mit elektrischen, seismischen, magnetischen und gravimetrischen Methoden untersucht. Mit dieser Expedition gewann Deutschland wieder den Anschluß an die internationale Polarforschung, die auf weiteren Unternehmungen intensiviert werden konnte.

Eisseismische Untersuchungen auf dem Schmiedinger Kees

Von F. Thyssen und H. Köhnen,
Münster *

Zusammenfassung: Es wird über seismische Arbeiten auf dem Schmiedinger Kees berichtet. Die auf diesem Gletscher gemessenen seismischen Geschwindigkeiten der P-Wellen von 3,38 km/sec sind durch die Mächtigkeit bedingt. Die Berechnung der Mächtigkeit des Gletschers erfordert aus diesem Grunde ein modifiziertes Verfahren.

Abstract: A report on seismic measurements on the Schmiedinger Kees is given below. The P-wave velocities of 3,38 km/sec are caused by the thickness of the glacier. For this reason the calculation of the thickness of the glacier requires a modified procedure.

Auf Anregung und mit Unterstützung der Tauern-Kraftwerke in Kaprun konnten vom Institut für Reine und Angewandte Geophysik Münster, Leitung B. Brockamp, seismische Untersuchungen auf dem Schmiedinger Kees durchgeführt werden. Nach einer kurzen Übersichtsmessung, die im Jahre 1965 im Anschluß an einem Meßprogramm auf dem unteren Pasterzenkees stattfand, konnten im Jahre 1966 zwei

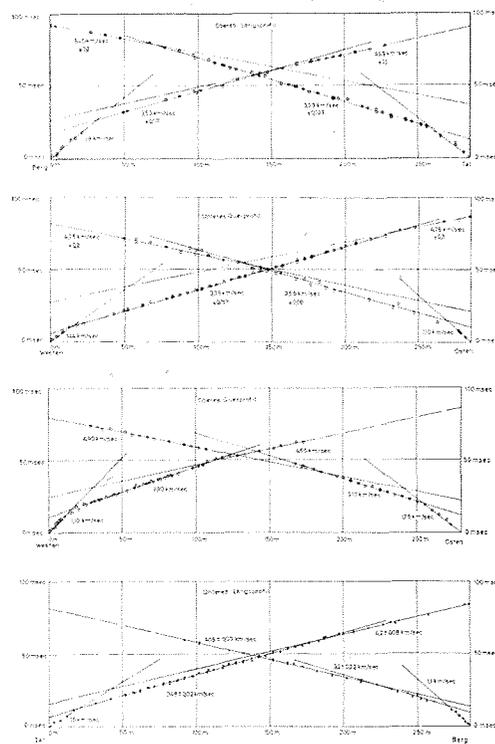
Kreuzprofile detailliert vermessen werden. Der Schmiedinger Kees gehört zu den Gletschern der Glockner-Gruppe. Er ist durch eine Seilbahn zum Kitzsteinhorn erschlossen. Durch die zuvorkommende Unterstützung der Leitung der Gletscherbahn konnte der technische Ablauf der Arbeiten auf dem Schmiedinger Kees, besonders im Jahre 1966, erheblich erleichtert werden.

Der Schmiedinger Kees hat zur Zeit eine Ausdehnung von etwa 1,2 mal 1,2 km und eine Höhenlage zwischen 2500 und 2900 m. Er gehört damit zu den kleineren Gletschern der Ostalpen. Die folgende Abb. 1 gibt die Lage der Profile wieder. Auf den Profilen wurde mit einer 24spurigen reflexionsseismischen Apparatur mit jeweils fester Geophaonstellung und wandernden Schußpunkten gearbeitet.

*) Dr. F. Thyssen und H. Köhnen, 44 Münster/Westf., Steinfurter Straße 107, Institut für Reine und Angewandte Geophysik der Universität.



Abbildung 1 Der Schmiedinger Gletscher und die Lage der seismischen Profile
Map of the Schmiedinger glacier with the seismic profiles



Obwohl der Gletscher noch im Jahre 1964 aper war, behinderte sowohl 1965 wie auch 1966 eine dicke Altschneedecke die seismischen Arbeiten. Bedingt durch die stark dämmende Wirkung des Schnees mußten die Ladungsmengen für seismische Schüsse um bis zu einem Faktor 10 heraufgesetzt und in eine Tiefe von ca. 4 m heruntergebracht werden, um auch nur annähernd gleiche Amplituden zu erhalten, wie sie auf einem aperten Gletscher mit aufgelegter Ladung erzielt werden.

Schon die im Jahre 1965 durchgeführten Übersichtsmessungen ließen den Schluß zu, daß der Schmiedinger Kees ein Gletscher mit nur geringer Eismächtigkeit ist. Die erwarteten Reflexionen konnten nicht ausgewertet werden, da sie in den Bereich der großen Amplituden der ersten Einsätze fielen. Daher waren die Messungen im Jahre 1966

Abbildungen 2—5
Laufzeitkurven auf dem Schmiedinger Gletscher
Travel time curves obtained on the Schmiedinger glacier

weitgehend auf das Refraktionsverfahren ausgerichtet.

Laufzeitkurven vom Schmiedinger Kees

Die folgenden Laufzeitkurven (Abb. 2—5) enthalten die Ergebnisse, welche auf dem Schmiedinger Kees gewonnen wurden. Die Altschneedecke hebt sich scharf vom darunter liegenden Eis ab. Es gibt keinen stetigen Übergang zum Eis. Auffallend sind in den Laufzeitkurven die niedrigen Eisgeschwindigkeiten, die in einem späteren Abschnitt ausführlicher diskutiert werden. Mit den aus den Laufzeitkurven ermittelten Daten kann nach den üblichen Verfahren der Refraktionsseismik die Schnee- und Eismächtigkeit bestimmt werden. Die folgenden Profilschnitte (Abb. 6, 7) geben mit den punktierten Linien die Grenzen zwischen Altschnee und Eis sowie zwischen Eis und Fels an. Bei dem oberen Querprofil liegt der Fall vor, daß die Altschneedecke in der Mitte mächtiger ist als an beiden Seiten. Daher wird von beiden Seiten auf den Laufzeitabschnitten, die als Ersteinsätze von

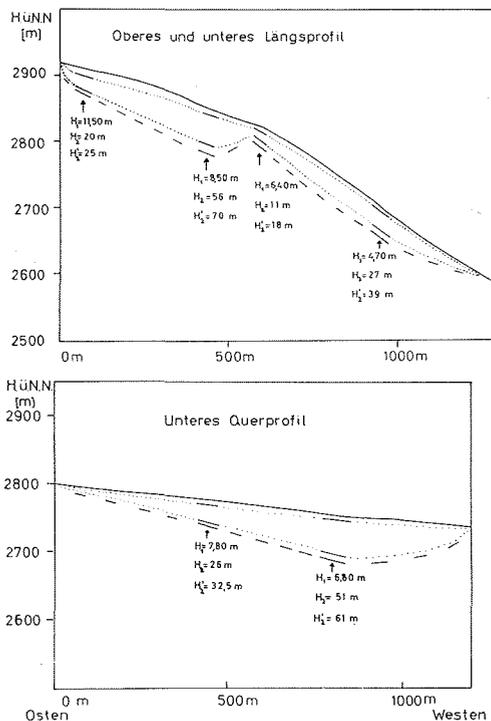


Abb. 6, 7: Querschnitte durch den Gletscher, berechnet aus den Refraktionsgeschwindigkeiten
Cross sections of the glacier determined from seismic velocities

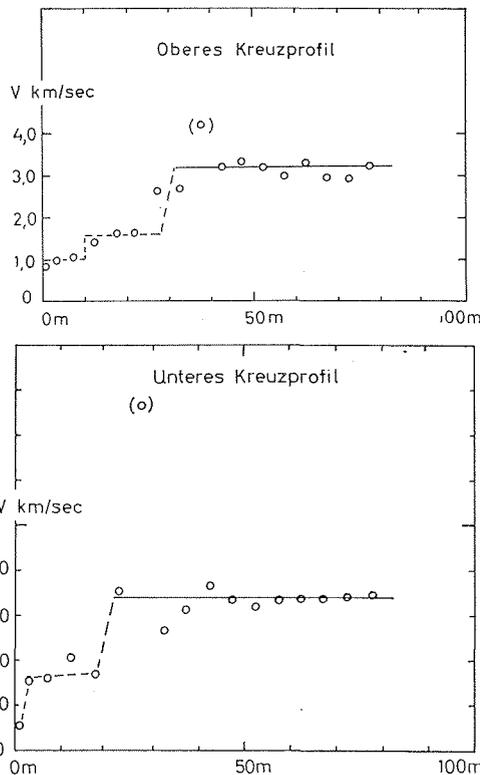


Abb. 8, 9: Intervallgeschwindigkeiten im oberen und unteren Kreuzprofil
Interval velocities of the upper and lower profiles

Wellen aus dem Eis gedeutet wurden, eine Scheingeschwindigkeit gemessen. Berechnet man nach der Neigung die wahre Geschwindigkeit, so ergibt sich 3,35 km/sec, also eine Geschwindigkeit, die auch in den anderen Profilen auftritt. Im Längsprofil ist deutlich ein Felsriegel etwas oberhalb der Mitte des Gletschers erkennbar. Etwa an dieser Stelle ändert sich auch die Neigung der Oberfläche. Während sie im oberen Teil etwa 16 % beträgt, steigt sie im unteren Teil auf etwa 35 % an. Diese Zweiteilung der Neigung der Oberfläche erstreckt sich über die ganze Gletscherbreite. Es ist daher anzunehmen, daß der im Längsprofil angetroffene Felsriegel sich ebenso über die ganze Gletscherbreite erstreckt.

Diskussion der ermittelten Geschwindigkeiten

Um die Geschwindigkeiten, die im Altschnee und Eis gemessen wurden, besser diskutieren

zu können, wurden in Abb. 8 und 9 die Intervallgeschwindigkeiten getrennt für das obere und untere Kreuzprofil aufgezeichnet. Im oberen Kreuzprofil ist eine Zweiteilung der Schneedecke durch zwei Stufen angedeutet. Man geht wohl nicht fehl, wenn diese Unterteilung als zwei Stadien der Metamorphose des Schnees gedeutet wird. Dabei weist die Geschwindigkeit von etwa 1,0 km/sec auf Schnee hin, der noch nicht stärker verändert wurde. Die zweite Stufe, ebenso wie die im unteren Kreuzprofil erkennbare Geschwindigkeitsstufe, ist durch eine schon stärker metamorphe Altschneesicht hervorgerufen. Der Höhenunterschied von ca. 200 m zwischen den beiden Profilen und die damit im Mittel höhere Temperatur des unteren Profils haben sicher zu diesem Unterschied beigetragen.

Besonders auffallend unter den Meßergebnissen vom Schmiedinger Kees ist die auf allen Profilen gemessene niedrige Eissgeschwindigkeit. Sämtliche Scheingeschwindigkeiten wurden nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Die Fehler

$$v = 3,75 - 0,5 e^{-9 \cdot 10^{-5} f \cdot H} - 4,5 \cdot 10^{-3} T - 6 \cdot 10^{-3} b \quad (\text{km/sec})$$

f = Frequenz in Hz, H = Gletscherdicke in m, T = Temperatur in °C,
b = Wassergehalt in %.

Der Schmiedinger Kees befindet sich auf einer Temperatur in der Nähe von 0°C. Daher ist in der angegebenen Formel das Glied, welches die Temperaturabhängigkeit beschreibt, zu vernachlässigen. Im Normalfall ist ein Wassergehalt im Bereich von einigen Promille im Inneren des Gletschers anzunehmen. Temperaturmessungen beim Bau der Gletscherbahn haben an einigen Punkten negative Temperaturen *) ergeben. Sicher ist der Effekt, hervorgerufen durch den Wassergehalt, klein gegenüber dem, der durch die geringe Mächtigkeit verursacht wird. Der Einfluß des Wassergehaltes auf die Geschwindigkeit wird höchstens zwischen 0,01 und 0,02 km/sec liegen. Er soll daher hier vernachlässigt werden. Bei einer Frequenz von 80 Hz und Mächtigkeiten von im Mittel 32 m beträgt die berechnete Geschwindigkeit 3,35 km/sec. Dieser Wert stimmt gut mit den Ergebnissen der Messungen überein.

*) Pers. Mitteilung von Herrn Ing. Rudolf

sind in den Laufzeitkurven angegeben. Die wahren Geschwindigkeiten für die Eisschicht sind die folgenden:

- 3,34 km/sec unteres Längsprofil
- 3,44 km/sec unteres Querprofil
- 3,37 km/sec oberes Längsprofil
- 3,35 km/sec oberes Querprofil

Die Fehler für die gemessenen Geschwindigkeiten liegen bei 0,1 km/sec. Innerhalb dieses Fehlers stimmen die Geschwindigkeiten miteinander überein. Als Mittelwert über die hier angegebenen Werte folgt 3,38 km/sec.

Die nach den üblichen Methoden aus den ersten Teilen des Eiseinsatzes bestimmbar Frequenzen liegen bei ca. 80 Hz. Die nach den Standardverfahren der Refraktionsseismik bestimmte mittlere Eismächtigkeit ist 32 m. Die Wellenlänge des seismischen Signals ist damit vergleichbar mit der Mächtigkeit des Gletschers. In einer Veröffentlichung von F. Thyssen (1967) wird eine empirische Formel für die Geschwindigkeit v der P-Wellen in Abhängigkeit von Frequenz, Plattendicke, Temperatur und Wassergehalt angegeben:

Für die Alpengletscher waren bisher Eissgeschwindigkeiten sehr nahe bei 3,65 km/sec bekannt. Die folgende Abb. 10 zeigt gemessene und berechnete Geschwindigkeiten einiger anderer Alpengletscher. Sie liegen genügend genau bei den nach der Formel ermittelten Werten.

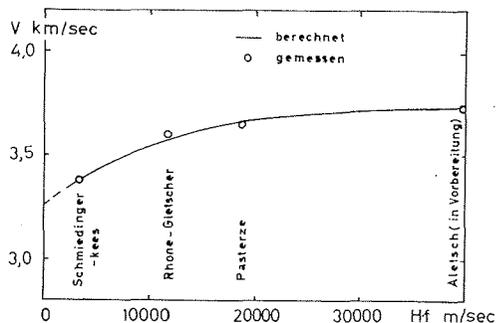


Abbildung 10
Seismische Geschwindigkeiten in verschiedenen Alpengletschern
Seismic velocities in some glaciers of the Alps

Auf dem Schmiedinger Kees wird ebenso wie auf manchen anderen Gletschern eine Geschwindigkeit der P-Wellen gemessen, die zwischen der Geschwindigkeit der Plattenwelle und der Vollraumwelle liegt. Wegen der geringen Mächtigkeit des Schmiedinger Kees (das Verhältnis der Wellenlänge zur Mächtigkeit ist ungefähr 1) liegt die Geschwindigkeit nahe bei der Plattenwelle. In den üblichen Standardverfahren der Refraktionsseismik wird vorausgesetzt, daß die zur Berechnung der Mächtigkeit benutzten Geschwindigkeiten die Geschwindigkeiten der Vollraumwelle sind. Das trifft bei den Gletschern mit geringer Mächtigkeit nicht mehr zu.

In der Nähe des Schußpunktes ist die gemessene Geschwindigkeit, wenn man von Verwitterungsschichten im oberen Teil des aperi Gletschers absieht, die Vollraumgeschwindigkeit. In Entfernungen, die größer sind als die Mächtigkeit des Gletschers, können die oben angegebenen Geschwindigkeiten zwischen Plattenwelle und Vollraumwelle gemessen werden (F. Thyssen 1967). Modifiziert man die für die Tiefenberechnungen benutzten Formeln unter diesem Gesichtspunkt, so ergibt sich für die mittlere Eismächtigkeit des Schmiedinger Kees 41 m, also eine Zunahme um 28 %. Bei der Berechnung wurde die nach der angegebenen Formel für trockenes Eis bei 0°C folgende Vollraumgeschwindigkeit von 3,75 km/sec zugrunde gelegt. Die für die einzelnen Profilabschnitte folgenden Mächtigkeiten und Teufen sind durch H₂ und die gestrichelten Linien in den Abb. 6 und 7 gekennzeichnet. Für eine Mächtigkeit von 41 m und eine

Frequenz von 80 Hz folgt nach der Formel die Geschwindigkeit 3,38 km/sec.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der P-Wellen im felsigen Untergrund unter dem Gletscher sind wie folgt:

- 4,2 km/sec unteres Längsprofil
- 4,75 km/sec unteres Querprofil
- 4,80 km/sec oberes Längsprofil.

Tiefere Schichten mit höheren Geschwindigkeiten konnten wegen der Begrenzung der Profillängen nicht genügend genau erfaßt werden.

Die hier angegebenen Arbeiten wurden durch die Gesellschaft zur Förderung der Westfälischen Wilhelms-Universität und die Tauernkraftwerke gefördert. Die Untersuchungen konnten nur durch eine Gemeinschaftsarbeit mehrerer Angehöriger des Instituts für Reine und Angewandte Geophysik unter Leitung von B. Brockamp durchgeführt werden. Die Verfasser möchten allen Herren und insbesondere den Herren Querfurth, Thake und Degutsch für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeiten danken.

Literatur

Brockamp, B. und Arndt, R.: Persönliche Mitteilung 1958.

Gerecke, F. und Müller, H. K.: Seismische Untersuchungen des geophysikalischen Instituts in Göttingen, I, Messungen auf dem Rhonegletscher. — Zeitschrift für Geophysik 8, 65—71, 1932.

Thyssen, F.: Die Temperaturabhängigkeit der P-Wellengeschwindigkeit in Gletschern und Inlandeis. — Zeitschrift für Geophysik, 33, 67—79, 1967.

Thyssen, F. und Ahmad, M.: Ergebnisse seismischer Untersuchungen auf dem Aletschgletscher (in Vorbereitung).

Neues aus der Polarmedizin: Persönlichkeitsprobleme in der Antarktis

Von G. Reinhardt, Heidenau *)

Der australische Arzt P. Law hat in 12 Jahren 30 Expeditionen in die Antarktis hinsichtlich Auswahl und Einsatz der Teilnehmer verantwortlich beraten. Aus seiner reichen Erfahrung seien die wichtigsten Resultate mitgeteilt. Das psychische Milieu: Maw-

son, die australische Hauptstation, ist 3500 Meilen von Melbourne entfernt. Die Isolation ist vollkommen. Es besteht nur Funkverbindung mit der Heimat. Die Station liegt auf einem Felssporn im ewigen Eis. Bewegungsraum $\frac{1}{4}$ Quadratmeile; jede wei-

*) G. Reinhardt, X 8312 Heidenau, Geschwister-Scholl-Straße 11