

Die hochalpinen Forschungen in der Granatspitz- und westlichen Glocknergruppe in den Hohen Tauern

Mit einer Abbildung im Text, 2 Bildern auf Tafel II und III und einer Karte auf Falttafel IV

HEINZ SLUPETZKY, Salzburg

Im September 1960 wurden an einigen Gletschern der Granatspitz- und westlichen Glocknergruppe die ersten Meßmarken angelegt, um die Zungenänderungen zu erfassen. Seither sind 7 Jahre vergangen und aus den anfänglichen einfachen Messungen ist ein umfangreiches Forschungsprogramm geworden. Dabei ist das Stubacher Sonnblückees immer mehr in den Mittelpunkt glaziologischer Forschungen gerückt. Über die Grundlagen, die Anfänge und den Ausbau der Forschungen¹⁾ mit all den damit zusammenhängenden Problemen soll hier erstmals ausführlicher berichtet werden. Daneben soll auch auf die weiteren Untersuchungen, die zusammen mit verschiedenen Institutionen erfolgen, eingegangen werden.

1. Einführung

Zwischen der Glockner- und Venedigergruppe liegt die spindelförmige Granatspitzgruppe, die mit einer Breitenausdehnung von 10 km gegenüber einer Längserstreckung von 40 km nur einen geringen Anteil an der Hochregion der Hohen Tauern hat. Die höchsten Erhebungen am Alpenhauptkamm mit rund 3100 m bleiben weit unter der Gipfelflur der benachbarten Gruppen.

Die Grenze zwischen der Granatspitzgruppe und Glocknergruppe an der Nordabdachung der Hohen Tauern bildet das Stubachtal. Es ist eines der langen, gleichsohlig in das Salzachtal einmündenden Tauerntäler, die tief zum Alpenhauptkamm zurückgreifen. Im oberen Teil gabelt sich das Stubachtal in das Tauernmoostal und Weißachtal (Abbildung 1). Kennzeichnend für das Stubachtal ist einerseits sein Stufenbau, mit der charakteristischen Abfolge von Becken und Schwellen, andererseits sind es seine begrenzenden Seitenkämme, die mit ihren auffälligen Gegensätzen das Landschaftsbild mitbestimmen. Während im Stubach-Kapruner Kamm bis zum weit nördlich vorgeschobenen Kitzsteinhorn mehrmals Höhen über 3000 m erreicht werden und hier zahlreiche Kargletscher vorhanden sind, fallen die westlichen Kämme von 3000 m gegen Norden rasch auf unter 2500 m ab, ihre Vergletscherung ist gering.

Der Wechsel von Steilstufen und fast ebenen Talböden im Stubachtal bot die Möglichkeit, Kraftwerke schrittweise in Anpassung an den steigenden Energiebedarf zu bauen. Hinzu kam als weitere Voraussetzung der Niederschlagsreichtum und die Vergletscherung, die einen Kraftwerksbau für günstig erscheinen ließ. 1919 wurde mit dem Bau der ersten Etappe, dem Kraftwerk Engzingerboden und den dazugehörigen Speichern Weißsee und Tauernmoossee

¹⁾ In Zusammenarbeit mit WERNER SLUPETZKY.

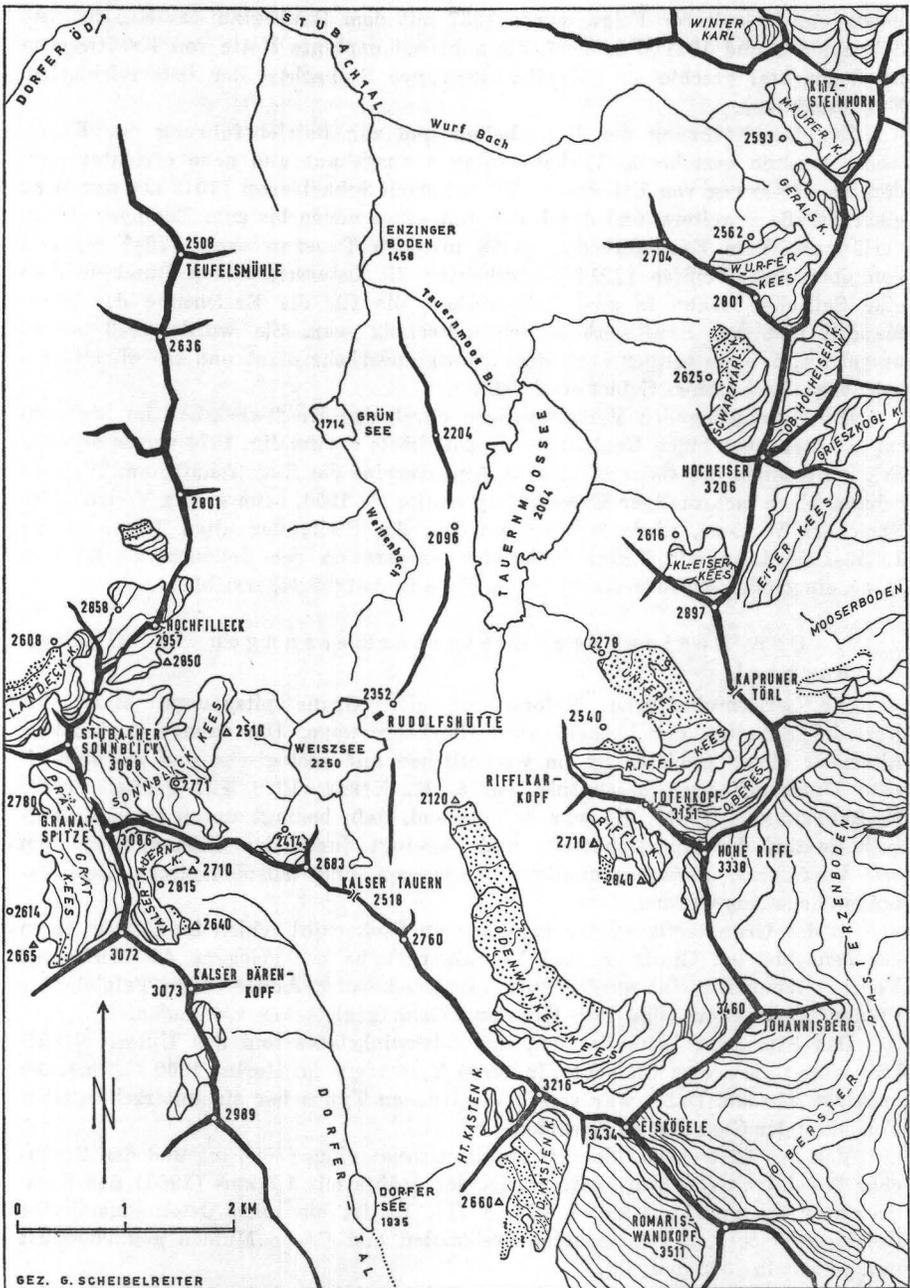


Abbildung 1: Die östliche Granatspitz- und westliche Glocknergruppe im Bereich des oberen Stubaitales. Als Grundlage diente die Karte der Granatspitzgruppe 1:25 000 des Österreichischen Alpenvereins und eigene Kartierungen. Die Höhenschichten geben die ungefähren Böschungsverhältnisse der Gletscher wieder; die 200 m Höhenschichten sind verstärkt gezogen. Dreieck: Höhenbestimmung nach Aneroid

begonnen. In weiterer Folge wurde 1937 mit dem Baubeginn des Kraftwerkes Schneiderau und 1941 Uttendorf, die zunächst geplante Kette von Kraftwerken im Stubachtal geschlossen (Kraftwerksgruppe Stubachtal der Österreichischen Bundesbahnen).

Zur Durchführung der Bauarbeiten und zur Betriebsführung der Kraftwerke mußten bestehende Verkehrsanlagen ausgebaut und neue errichtet werden. Der Fahrweg von Uttendorf (797 m) nach Schneiderau (1042 m) wurde zu einer Straße erweitert, und durch den Bau einer neuen bis zum Enzinger Boden verlängert. Vom Enzingerboden (1478 m) zum Tauernmoossee (2049 m) und von dort zum Weißsee (2314 m) erbauten die Österreichischen Bundesbahnen eine Seilschwebbahn in zwei Teilstrecken, die für die Errichtung der Staumauern und den Kraftwerksbetrieb notwendig war. Sie wurde 1953 soweit umgebaut, daß sie seither auch dem Touristenverkehr dient und ein günstig erreichbares hochalpines Gebiet erschließt.

Die einschneidenden Veränderungen durch den Kraftwerksbau im Stubachtal machten auch einen Neubau der Rudolfshütte notwendig. 1874 wurde von der Sektion Austria des Österreichischen Alpenvereins die Rudolfshütte am Weißsee erbaut. Nach mehrmaliger Erweiterung mußte sie 1953, beim ersten Vollstau des Speichers Weißsee, niedergerissen werden. An Stelle der alten Hütte wurde 1955—1959 in unmittelbarer Nähe der Bergstation der Seilbahn, in 2315 m Höhe, ein großes Alpenvereinshaus, die Neue Rudolfshütte, errichtet.

2. Der Beginn der Gletschermessungen im Oberen Stubachtal

Die wissenschaftliche Erforschung der Granatspitzgruppe stand bis jetzt im Schatten der benachbarten Glocknergruppe. Die wenige vorhandene Literatur dieses Gebietes ist im wesentlichen auf geologische und morphologische Untersuchungen beschränkt (u. a. H. KINZL, 1929 TH. PIPPAN, 1957; E. SEEFELDNER, 1961). Es war naheliegend, daß, bedingt durch längere Aufenthalte auf der Rudolfshütte²⁾ und angeregt durch das Geographiestudium des Verfassers, gletscherkundliche Messungen und morphologische Beobachtungen begonnen wurden.

In der Granatspitzgruppe und auch im Stubachtal fehlen im Gegensatz zu der benachbarten Glockner- und Venedigergruppe hochgelegene Altflächen als Voraussetzung für eine ausgedehnte Vergletscherung. Außer einem Talgletscher (Wandfußgletscher) sind nur Kar- und Gehängegletscher vorhanden.

Das Stubacher Sonnblickkees, das Ödenwinkelkees und das Untere Riffelkees waren die ersten Gletscher, in deren Vorfeldern im Herbst 1960 Meßmarken angelegt wurden. Dabei war vom verschiedenen Typus her ein unterschiedliches Verhalten der Gletscher zu erwarten.

Von den Gletschern, die sich um die Granatspitze (3086 m) und den Stubacher Sonnblick³ (3088 m) scharen, ist der größte mit 1,7 km² (1963) das Stubacher Sonnblickkees (Tafel II). Er ist ein nach Osten exponierter Gehängegletscher, der in einzelne Steilstellen und flache Mulden gegliedert ist und derzeit in 2510 m endet.

Das Ödenwinkelkees ist mit 2,4 km² (1963) der größte Gletscher des Stubachtales (Tafel III). Er ist auch in vieler Hinsicht der interessanteste. Der

² Die Neue Rudolfshütte wurde 1958 von PAUL SLUPETZKY, dem Vater des Verfassers, zur Leitung und Bewirtschaftung und 1964 von dessen Schwager PAUL DOBČAK übernommen.

³ Nicht zu verwechseln mit dem Hohen Sonnblick (3106 m) in der Goldberggruppe, auf dem das bekannte Observatorium liegt.



Zur vorstehenden Tafel II:

Das *Stubacher Sonnblickkees* (Granatspitzgruppe) und der *Speicher Weißsee*, gegen Westen aufgenommen. Der ostexponierte Gletscher wird von links nach rechts von den Berggipfeln Granatspitze (3086 m), Stubacher Sonnblick (3089 m) und Hochfilleck (2943 m) umrahmt. Der Gehängegletscher endet in 2510 m. Er ist größtenteils mit Altschnee bedeckt, nur im Eisbruch und an der Gletscherstirn sind größere Flächen Blankeis frei. Der Abfluß wird im Speicher Weißsee (2250 m) gesammelt. Nahe am See liegt die Rudolfshütte (2315 m) und die Bergstation der Stubach-Weißsee Seilbahn. (Photo H. SLUPETZKY 5. X. 1966)



Das Hochtalende des Ödenwinkel gegen die Glocknergruppe mit dem Großglockner (3798 m), davor das Eiskögele (3434 m), li. der Johannisberg (3460 m). Zwischen dem Johannisberg und dem Eiskögele ist ein kleiner Teil vom Obersten Pasterzenboden zu sehen. Im Schutz der Eiskögele-Nordwand liegt das Ödenwinkelkees, ein Wandfußgletscher, die schuttbedeckte Zunge reicht bis 2120 m herab. (Der Gletscher endet li. knapp am Bildrand!) (Aufnahme H. SLUPETZKY 5. X. 1966)

Gletscher fließt gegen NNW und liegt im Schutze einer 600—800 m hohen Wand und wird vornehmlich durch Lawinen ernährt. Nur im orographisch rechten Teil seines Einzugsgebietes bieten zwei Stufenflächen Möglichkeit zu ungestörter Firnansammlung. Das tief eingeschnittene Hochtalende, das der Gletscher erfüllt, ermöglicht es ihm, bis auf 2120 m herabzureichen. Seine tiefe Lage wäre aber nicht ohne die starke Schutt- und Moränebedeckung möglich, die ihn vor hohen Ablationsverlusten schützt. Die Schuttbedeckung, die im unteren Teil 10—50 cm beträgt, reicht fast geschlossen bis in eine Höhe von 2300—2500 m, wo sie in einer Übergangszone rasch an Mächtigkeit verliert und sich in einzelne Mittel- und Oberflächenmoränen teilt.

Das Untere Riffelkees ist ein regenerierter Kargletscher und liegt westlich des Kapruner Törls (2639 m). Das Obere Riffelkees, das von durchschnittlich 3100—3300 m hohen Gipfeln umrahmt wird, bricht über eine 200 m hohe Felsstufe ab, und ernährt mit seinen herabstürzenden Eislawinen das Untere Riffelkees. Dieser NNW schauende Gletscher endet in 2280 m und ist fast lückenlos mit Moränen- und Bergsturzmassen eingehüllt. Mit 1,3 km² ist das Riffelkees der kleinste der 3 Gletscher, an denen 1960 Messungen begonnen wurden. Die Ergebnisse der Messungen 1960/61 und 1961/62 wurden 1963 veröffentlicht. (W. u. H. SLUPETZKY, 1963) ⁴).

Im Jahre 1963 wurden weitere 9 Gletscher in das Meßprogramm aufgenommen. Sie werden aber nur zweijährlich kontrolliert. In der westlichen Glocknergruppe sind es das Maurer-, Wurfer-, Schwarzkarl-, Kleineiser-, Riffel-, Riffelkar- und Vordere Kastenkees, in der Granatspitzgruppe das Prägrat-, und Kalser Tauernkees (über deren Rückgang von 1961 bis 1963 vgl. H. u. W. SLUPETZKY, 1964).

Da die horizontale Lageveränderung der Gletscherzungen nur beschränkten Einblick in das Gesamtverhalten der Gletscher gibt, sind zusätzliche Beobachtungen notwendig gewesen. Es wurden daher die Höhenlage der Altschneelinie und Firnlinie festgestellt, die Veränderungen der Gletscher während des Beobachtungszeitraumes wurden beschrieben und von gleichbleibenden Standpunkten photographisch festgehalten. Dazu kamen Neigungsmessungen an den Gletscherenden und dem Gelände unmittelbar davor. Am Ödenwinkelkees wurden im Sommer 1961 Ablationsmessungen begonnen, um die Abhängigkeit der Ablation von der Dicke der Schuttbedeckung festzustellen. Ein im unteren Teil des Gletschers 1962 angelegtes Querprofil (Steinlinie) sollte seine Bewegung erfassen.

Der Österreichische Alpenverein, zu dessen Tradition die Förderung der Gletschermessungen in den Alpen gehört, hat durch Subventionen die kontinuierliche Fortsetzung der Messungen ermöglicht.

3. Die Errichtung von Klimastationen im Stubachtal

Bald nach Beginn der ersten Arbeiten machte sich der Mangel an geeigneten klimatischen Daten zur Bearbeitung der glaziologischen, aber auch der klimamorphologischen Fragen bemerkbar. Wohl wurden fallweise da und dort bei den einzelnen Kraftwerken meteorologische Beobachtungen durchgeführt, sie waren aber — mit Ausnahme der langjährigen Beobachtungsreihe am Enzingerboden — nur bedingt brauchbar, weil sie auf keiner einheitlichen Basis gewonnen worden waren. Dabei bot sich das Stubachtal durch seine Kraftwerks- und Seilbahnkette vom Talausgang bis fast zum Alpenhauptkamm für klimatologische Untersuchungen geradezu an.

⁴ Diese Arbeit erhielt 1963 einen Anerkennungspreis der Salzburger Landesregierung, um damit die weiteren geplanten Arbeiten zu fördern.

Mit Hilfe der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien⁵, konnten im Stubachtal 5 Klimastationen errichtet werden: Uttendorf (797 m), Schneiderau (1042 m), Enzingerboden (1472 m), Tauernmoos (2049 m) und Rudolfshütte-Weißsee (2315 m). Die ersten 3 Stationen werden von den Kraftwerken aus betreut, die Station Tauernmoos vom Personal der Seilbahn und die letzte vom Verfasser und den Angestellten der Rudolfshütte. Die Stationen sind seit 1962 fast durchgehend in Betrieb. Kurze, manchmal auch längere Unterbrechungen sind unvermeidlich, da von den freiwilligen Beobachtern den Messungen oft nur geringes Verständnis entgegengebracht wird. Es soll aber keineswegs die Leistung derjenigen geschmälert werden, die die Beobachtungen gewissenhaft und mit viel Interesse durchführen, besonders angesichts der vielen auftretenden Schwierigkeiten, die alpinmeteorologische Beobachtungen und Messungen mit zunehmender Höhe mit sich bringen. Die Station Rudolfshütte-Weißsee in 2315 m ist heute die zweithöchste Klimastation Österreichs.

4. Die weiteren geplanten Forschungen

Ab 1963 wurden die begonnenen Arbeiten im Rahmen einer Dissertation bei Prof. Dr. H. SPREITZER, Geographisches Institut der Universität Wien, Lehrkanzel für Physische Geographie, fortgesetzt und erweitert. Dabei sollte erstens die Morphologie der Granatspitzgruppe bearbeitet und besonderes Gewicht auf glazialmorphologische Fragestellungen im Stubachtal gelegt werden, zweitens sollten glaziologische Untersuchungen am Sonnblickkees durchgeführt werden. Bei den morphologischen Untersuchungen kam der jahrelange Aufenthalt im Arbeitsgebiet sehr zugute, da schon bei früheren Begehungen zahlreiche morphologische Beobachtungen gemacht werden konnten, so z. B. die Entstehung von Blockringen und -streifen und Vorstoß- und Wintermoränen in den Gletschervorfeldern des Ödenwinkel- und Unteren Riffkeeses. Für die glaziologischen Untersuchungen erwies sich die Teilnahme an Tagungen als sehr wertvoll. Vor allem der 15. Kurs für Hochgebirgs- und Polarforschung 1961 und das Symposium über die Veränderungen im Massenhaushalt heutiger Gletscher 1963 in Obergurgl, gaben die Möglichkeit, die modernen Forschungsmethoden der Glaziologie und deren Anwendung kennenzulernen. Es zeigte sich dabei, daß die Messungen der Zungenänderung u. ä. nur wenig Aufschluß über das komplexe Verhalten eines Gletschers geben.

Um den Zusammenhang zwischen den klimatischen Veränderungen und dem Verhalten eines Gletschers zu erforschen, hat sich die Bestimmung des Massenhaushaltes als unbedingt notwendig erwiesen. Denn nur der Massenhaushalt eines Gletschers steht in direkter Beziehung mit den klimatischen Elementen (H. HOINKES und R. RUDOLPH, 1962; H. HOINKES, 1964). Es wurde daher der Entschluß gefaßt, auch am Stubacher Sonnblickkees mit Massenbilanzstudien zu beginnen (W. u. H. SLUPETZKY, 1963). Dieses Untersuchungsprogramm nahm mit der Zeit einen so großen Umfang an, daß die ursprünglich geplanten morphologischen Fragestellungen zum Großteil zurückgestellt und eingeschränkt werden mußten. Der Hauptteil der Arbeit ist nun den glaziologischen Problemen gewidmet.

⁵ Für die Bereitstellung der Meßgeräte möchte ich dem Direktor der Zentralanstalt, Professor Dr. F. STEINHAUSER danken, wie auch dem Leiter der Stationsabteilung, Dr. W. FRIEDRICH, für seine ständige Beratung und Unterstützung.

5. Die Methoden der Massenhaushaltsbestimmung an Gletschern

Was ist der Massenhaushalt, mit welchen Methoden kann er erfaßt werden, und welche Voraussetzungen sind zu seiner Bestimmung notwendig?

„Unter dem Massenhaushalt eines Gletschers versteht man die nach Ablauf eines Haushaltsjahres eingetretene Änderung in der Masse des Gletschers“ (H. LANG, 1962). Bringt diese Änderung einen Gewinn an Masse, spricht man von einem positiven Haushaltsjahr, ergibt sie aber einen Verlust, von einem negativen. Ist der Gletscher im Massengleichgewicht, ist die Bilanz gleich null. Bei der Abgrenzung des Haushaltsjahres wird im allgemeinen die in Österreich übliche Einteilung in Hydrologische Jahre verwendet, wobei ein Haushaltsjahr vom 1. Oktober bis 30. September des darauffolgenden Jahres gerechnet wird. Mit dieser Abgrenzung wird weitgehend auf den Aufbau (Akkumulation) und Abbau oder Aufbrauch (Ablation) der winterlichen Schneedecke Rücksicht genommen.

Für die Bestimmung des Massenhaushaltes sind mehrere Methoden möglich (M. F. MEIER, 1962; H. HOINKES, 1962, ders. 1964).

1. Die geodätische Methode: Durch photogrammetrische Aufnahmen wird die Veränderung der Gletscheroberfläche festgestellt. Bei jährlichen Wiederholungsaufnahmen kann aber zunächst nur die Volumsänderung erfaßt werden und nicht die Massenveränderung. Erst der Vergleich von Aufnahmen im Abstand von mehreren Jahren gibt, wenn auch eingeschränkt, über die Massenveränderung Aufschluß.

2. Die hydrologische Methode: Diese Methode geht davon aus, daß in einem definierten Einzugsgebiet der Abfluß gleich sein muß dem Gebietsniederschlag vermindert um den Verlust durch Verdunstung. Ist das Einzugsgebiet vergletschert, bleibt diese Bilanz nur dann gleich, wenn sich der Gletscher im Gleichgewicht befindet. Wenn sich aber der Massenhaushalt des Gletschers ändert, ändert sich dementsprechend auch die Bilanz des Einzugsgebietes. Bei einem negativen Haushalt des Gletschers wird die Bilanz größer sein, der Gletscher gibt eine „Gletscherspende“ ab, bei einem positiven aber kleiner, der Gletscher „speichert“ den festen Niederchlag. Der mit der hydrologischen Methode bestimmte Bilanzwert ist nur eine kleine Differenz aus den großen Zahlen Abfluß und Niederschlag (die Verdunstung ist demgegenüber relativ klein). Der Abfluß kann mit hinreichender Genauigkeit erfaßt werden, bei der Messung des Niederschlages (im Hochgebirge) aber stößt man auf erhebliche Schwierigkeiten. Die hydrologische Methode allein ist daher erst nach einer längeren Kontrolle (Eichung) mit anderen Verfahren anwendbar.

3. Die glaziologische oder direkte Methode (surface budget method): Bei der glaziologischen Methode werden die Veränderungen am Gletscher selbst gemessen. Es ist u. a. möglich, die Bilanz während eines Haushaltsjahres aus der Gesamtakkumulation (aparent accumulation) und Gesamtablation (aparent ablation) zu berechnen, oder aus der Netto-Akkumulation (total net accumulation) und Netto-Ablation (total net ablation). Letztere Methode berücksichtigt nur die am Gletscher von der Gesamtakkumulation zurückgebliebene (Rest-)akkumulation, und von der Gesamtablation nur den tatsächlichen Substanzverlust an Eis und gegebenenfalls Firn.

Beide Verfahren liefern dieselben Ergebnisse, die Bestimmung der Nettobeträge allein erweist sich als leichter ausführbar.

Der günstigste Weg zur Bestimmung der Massenbilanz ist die gleichzeitige

Anwendung der angeführten Methoden. Die Kombination der glaziologischen Methode — und zwar die Messung der Nettobilanz — mit der hydrologischen ermöglicht die Aufstellung einer Bilanzgleichung, der sog. Massenhaushaltsgleichung:

$$N - A - V = R - B$$

(N = Niederschlag, A = Abfluß, V = Verdunstung, R = Rücklage, B = Verbrauch.)

Der Niederschlag wird mit Hilfe von Totalisatoren, ergänzt durch Schneedeckenstudien im Winter, bestimmt. Der Abfluß wird mit einem (Schreib-)pegel, der möglichst nahe dem Gletscherende liegen soll, gemessen. Der geringe Betrag der Verdunstung wird mittels geeigneter Formeln berechnet. Die Rücklage wird am Ende des Haushaltsjahres an möglichst vielen Punkten im Nährgebiet des Gletschers durch Ermittlung des Wasserwertes der Schneedecke erfaßt. Der Verbrauch im Zehrgebiet wird mit einem dichten Netz von Pegeln gemessen.

Die zusätzliche Anwendung der geodätischen Methode kann die direkte Haushaltsbestimmung sinnvoll ergänzen.

H. W. AHLMANN (1935) hat erstmals 1931 und 1934 am „14. Juli-Gletscher“ in Nordostspitzbergen Haushaltsuntersuchungen durchgeführt und dabei die direkte Methode zur Feststellung von Massengewinn und Verlust angewendet. Seit Mitte dieses Jahrhunderts ist die Erforschung der Gletscher mit modernen Methoden stark intensiviert worden, besonders aber die Geophysikalischen Jahre (H. HOINKES, 1964) und die Hydrologische Dekade, die 1965 begonnen hat (H. SCHIMPF, 1965), haben zu einer engen internationalen Zusammenarbeit bei der Erforschung des Verhaltens der Gletscher auf der ganzen Erde geführt. Die längste Reihe von sehr sorgfältigen Haushaltsuntersuchungen mit der glaziologischen Methode stammt vom Storglaciären, Schwedisch Lappland, die bis 1947/48 zurückreicht (V. SCHYTT, 1962). Am Großen Aletschgletscher wird die Bilanz mit der hydrologischen Methode allein bestimmt (P. KASSER, 1959).

In Österreich ist der Hintereisferner (Ötztaler Alpen) der am besten untersuchte Gletscher. An ihm werden nach der schon früh von A. WAGNER (1937) angestrebten hydrologischen Methode und nach der glaziologischen Methode Massenhaushaltsuntersuchungen durchgeführt. O. SCHIMPP (1959) hat 1952 mit den ersten Bilanzmessungen begonnen, seit 1954 wurden sie von H. HOINKES und Mitarbeitern ohne Unterbrechung in stark erweitertem Umfang fortgeführt (H. HOINKES - H. LANG, 1962, H. 1; dies. 1962, H. 2; H. HOINKES - R. RUDOLPH, 1962, Vol. 4; H. LANG, 1966; H. HOINKES, 1959). Mit einer abweichenden Methodik wurden bisher in den Ostalpen nur noch an der Pasterze Haushaltsbestimmungen durchgeführt (H. TOLLNER, gem. m. H. PASCHINGER, 1966; H. HOINKES, 1965).

6. Die Massenhaushaltsuntersuchungen am Stubacher Sonnblickkees

Am Stubacher Sonnblickkees war nun geplant, ähnlich wie am Hintereisferner, mit der hydrologischen und glaziologischen Methode den Massenhaushalt zu bestimmen. Ziel der Forschungen sollte es einerseits sein, einmal an einem kleinen Gehängegletscher, und nicht wie bisher nur an großen Talgletschern, Haushaltsuntersuchungen durchzuführen, andererseits sollte das Verhalten des Gletschers unter den klimatischen Gegebenheiten der Hohen Tauern studiert werden.

Einige günstige Voraussetzungen und die schon bisher geleisteten Vorarbeiten erleichterten den Beginn der Untersuchungen. Mit der Neuen Rudolfs-hütte war ein idealer Stützpunkt gegeben. Sie ist ganzjährig geöffnet, und auch im Winter über die Werkstraße und Seilbahn erreichbar. Durch ihre zentrale Lage bleiben die Anmarschzeiten zu den Meßstellen in erträglichen Grenzen. Ein besonderer Vorteil war, daß mit den Kraftwerksanlagen auch die technischen Einrichtungen zur Messung des Abflusses vorhanden waren. Außerdem erwies sich jetzt die neuerrichtete Klimastation Rudolfshütte-Weißsee als sehr nützlich.

Zusätzlich zu den bisherigen Arbeiten war es notwendig, eine neue Karten-grundlage zu schaffen, die Klimastation mit weiteren Instrumenten auszustatten, Totalisatoren zu errichten und ein Netz von Pegeln am Gletscher einzubohren.

Die letzte genaue Vermessung des Sonnblickkeeses stammt aus den Jahren 1928/30 (Österr. Karte 1 : 25 000, Bl. 153/1-Kitzsteinhorn). Mit dem allgemeinen Gletscherschwund seit den 20er-Jahren sind auch am Sonnblickkees große Ver-änderungen vor sich gegangen. Da für genaue Massenhaushaltsuntersuchungen eine großmaßstäbige Karte nötig ist, und in absehbarer Zeit von amtlicher Seite keine Revision des Kartenblattes zu erwarten war, mußte eine Möglich-keit gefunden werden, die notwendige Unterlage zu schaffen.

Lange Zeit waren die Bemühungen in dieser Richtung vergeblich. Erst als es gelang, R. FINSTERWALDER (†) für die Sache zu gewinnen, konnte eine Neu-aufnahme durch zwei seiner Studenten (im Rahmen von Diplomarbeiten) erfol-gen. Vom 16.—20. September 1963 konnten die notwendigen Vermessungen von H. LUDWIG (1964) durchgeführt und anschließend die photogrammetrischen Aufnahmen gemacht werden. Die Auswertung der Bilder erfolgte von H. RENTSCH (1964). Im Sommer 1964 lag eine Karte vom Sonnblickkees und einem Teil des umgebenden Geländes im Maßstab 1 : 10 000 vor. — Im Juli und August 1963 wurde mit der Registrierung der Sonnenscheindauer und Globalstrahlung be-gonnen. Der Ausbau der Klimastation konnte mit Hilfe der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien und der Kommission für Hochalpine Forschungen der Österreichischen Akademie der Wissenschaften durchgeführt werden. — Mit finanzieller Unterstützung durch die Österreichischen Bundes-bahnen konnten nach Detailplänen des Verfassers durch die Fa. S. EMIG, St. Johann im Pongau, vier Totalisatoren angefertigt werden. Die Nieder-schlagssammler wurden in der Zeit vom 28. September bis 3. Oktober 1963 im Einzugsgebiet des Speichers Weißsee aufgestellt. — Schließlich wurde im September 1963 ein Pegelnetz am Gletscher errichtet. Mit einem selbst kon-struierten Kronenbohrer wurden 2 m tiefe Löcher ins Eis gebohrt und die Pegel, Rundholzstangen von 2 m Länge und 2 cm Durchmesser, darin versenkt. Ins-gesamt wurden 55 Eis- und Firnpegel für die Ablationsmessungen eingebohrt.

Mit dem Abschluß der einjährigen Vorarbeiten im Herbst 1963 war das hydrologische Jahr 1963/64 das erste am Stubacher Sonnblickkees gemessene Haushaltsjahr.

Die Karte des Arbeitsgebietes am Stubacher Sonnblickkees (Tafel IV) gibt einen Überblick über die Lage des Gletschers im Bereich des Speichers Weißsee und die heute vorhandenen Einrichtungen. Das Einzugsgebiet des Speichers Weißsee umfaßt 5,3 km², davon sind 1,7 km² oder 32% vergletschert. Das Einzugsgebiet reicht vom Gipfel des Sonnblick (3089 m) herab bis zum Weißsee in 2250 m. Die mittlere Höhe beträgt 2570 m. Das Sonnblickkees, im Westteil des Einzugsgebietes gelegen, endet in 2510 m (Bild 2).

Beim Hochstand um 1850 reichte der Gletscher, vereinigt mit dem Weißseekees, mit einer geschlossenen Zunge noch bis in den Weißsee hinein. Heute hat der Gletscher keine ausgeprägte Zunge, und mit dem Weißseekees, einem nur mehr kleinen Gletscherfleck, besteht keine Verbindung mehr. Der verbliebene Eiskörper bildet einen Gehängegletscher, der in steile Hänge und flache Mulden gegliedert ist. Die steilen Böschungen befinden sich zwischen 2600 und 2800 m, im Mittelteil des Gletschers. Der höchstgelegene Teil des Gletschers, zwischen der Granatspitze und dem Sonnblick, ist der „Oberste Boden“; ein Eisbruch trennt den höheren „Filleckboden“ vom „Unteren Boden“, eine weitere Verflachung ist der „Granatspitzboden“. Bei durchschnittlichen Ernährungsbedingungen ist der Filleckboden und Oberste Boden Akkumulationsgebiet, der Untere Boden und Granatspitzboden Ablationsgebiet, in extremen Jahren kann der Gletscher fast zur Gänze Nähr- oder Zehrgebiet sein.

Für die Bestimmung der Bilanz des Stubacher Sonnblickkeeses aus der Massenhaushaltsgleichung sind während eines Haushaltsjahres folgende Geländearbeiten notwendig:

Für die Erfassung des Niederschlages ist es notwendig, die Totalisatoren in Abständen von 4—6 Wochen zu kontrollieren. Die 4 Totalisatoren stehen an weitgehend repräsentativen, im Winter meist sicher erreichbaren Stellen.

Sie liegen in 2270 m — Totalisator Weißsee
 2390 m — Totalisator Kalser Törl
 2510 m — Totalisator Sonnblickkees
 2850 m — Totalisator Hochfilleck.

Zum Vergleich wird bei den Niederschlagssammeln um den 31. März (am Ende des Hydrologischen Winterhalbjahres) die Winterschneedecke untersucht, bei hoch gelegenen auch zur Zeit der maximalen Schneehöhe (im Mai bis Juni). An der Klimastation Rudolfshütte wird der Niederschlag mit einem Ombrometer bestimmt. Die Messungen dienen zur Reduktion der Totalisatorenwerte auf Monatssummen, hierzu werden auch die Monatswerte des Sammlers Weißsee herangezogen. Eine Untersuchung der Winterschneedecke am Gletscher und im Gelände ist unerlässlich. An Stellen mit einer mittleren Schneedecke wird im Spätwinter und Frühjahr die Temperatur, Dichte und Stratigraphie des Schnees gemessen. Mit Sondierungen ist eine weitere Möglichkeit gegeben, Werte über die Schneehöhe zu erhalten. Um die Schneedecke in kürzere Akkumulationsperioden untergliedern zu können, werden Schneefärbungen durchgeführt.

Der gesamte Abfluß aus dem Einzugsgebiet wird im Speicher Weißsee, der 16,5 Millionen Kubikmeter faßt, gesammelt. Im Einlaufturm (Tafel IV) befinden sich die Meßanlagen zur Bestimmung des jeweiligen Seestandes, der entnommenen Wassermenge und des Überlaufes an der Ostsperrre. Auch die Zuflüsse durch Stollen aus den benachbarten Tälern werden registriert. Die Wartung der Anlagen wird von Kraftwerksangestellten durchgeführt, die Abflußzahlen werden am Kraftwerk Enzingerboden und an der Kraftwerkszentralstelle der Österreichischen Bundesbahnen ausgearbeitet.

Die Verdunstung muß auf Grund der in anderen Gebieten bei Wasserhaushaltsuntersuchungen und Wärmehaushaltsstudien gewonnenen Erfahrungen abgeschätzt werden.

Die Akkumulation am Gletscher wird durch Wasserwertsmessungen in 4—10 (oder mehr) Schneeschächten (mit einem Schneeausstechrohr und einer Balkenwaage) und mit Firnpegel bestimmt. Die Zahl der Grabungen richtet sich

Das Arbeitsgebiet am STUBACHER SONNBLICKKEES IN DER GRANATSPITZGRUPPE (HOHE TAUERN)

BEARBEITUNG UND ENTWURF: H. Slupetzky

ZEICHNUNG: W. Slupetzky

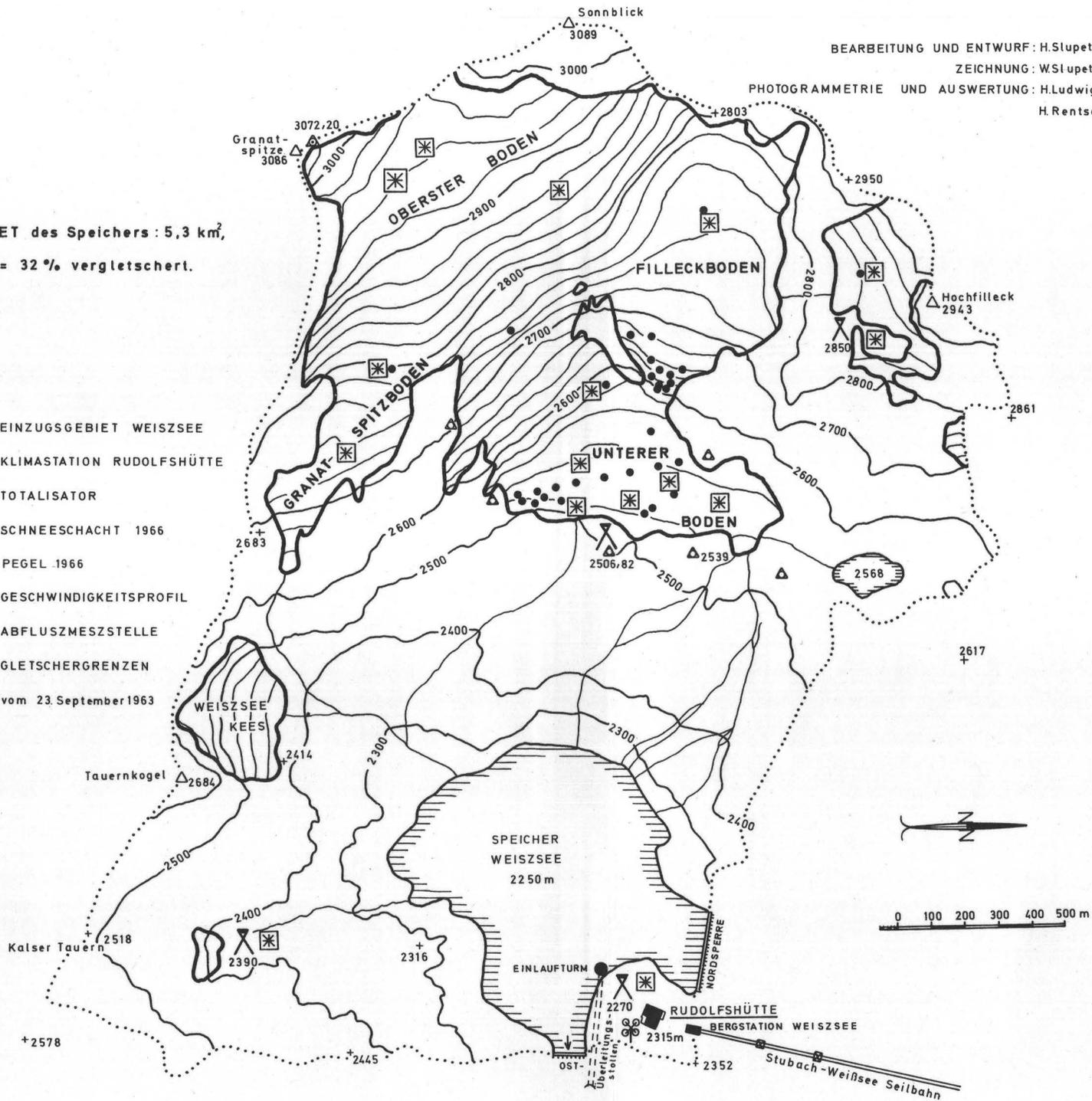
PHOTOGRAMMETRIE UND AUSWERTUNG: H. Ludwig

H. Rentsch

EINZUGSGEBIET des Speichers: 5,3 km²,
davon 1,7 km² = 32% vergletschert.

LEGENDE:

-  EINZUGSGEBIET WEISZSEE
-  KLIMASTATION RUDOLFSHÜTTE
-  TOTALISATOR
-  SCHNEESCHACHT 1966
-  PEGEL 1966
-  GESCHWINDIGKEITSPROFIL
-  ABFLUSSMESZSTELLE
-  GLETSCHERGRENZEN vom 23. September 1963



nach der Bedeckung des Gletschers mit Altschneerücklage. Die Schneeschächte werden am Ende der Ablationsperiode bzw. am Ende des hydrologischen Jahres gegraben. Außerdem ist es unter Umständen auch möglich, die Grabungen durch Sondierungen und Messungen an Spalten, die im laufenden Haushaltsjahr aufgebrochen sind, zu ergänzen. Um eine Karte der flächenmäßigen Verteilung der Rücklage zu erhalten, wird Art und Geschwindigkeit der Ausaperung des Gletschers während der sommerlichen Ablationsperiode kontinuierlich verfolgt.

Die Ablation wird mit einem Netz von Eis- und Firnpegeln gemessen. Areale mit großer flächenhafter Abschmelzung und solche mit sehr starker Ablation sind entsprechend dichter besetzt. Die Zahl der Pegel hängt von den besonderen Verhältnissen in den einzelnen Jahren ab, sie schwankt zwischen 20 und 50. Die Pegel müssen von Zeit zu Zeit tiefer gesetzt werden. Mit einem von H. HOWORKA (1965) am Institut für Meteorologie in Innsbruck konstruierten Dampfbohrer⁶ können 6—10 m tiefe Löcher gebohrt werden; der Arbeitsaufwand konnte dadurch wesentlich verringert werden. Die Position der Ablationspegel wird geodätisch vermessen und in die Arbeitskarte eingetragen. Gleichzeitig damit wird die Gletscherbewegung erfaßt. Dazu dient auch das im Herbst 1963 angelegte und seither jährlich nachgemessene Querprofil am Unteren Boden.

Die Meteorologischen Beobachtungen an der Rudolphshütte werden laufend durchgeführt. Besondere Aufmerksamkeit wird auf die für den Haushalt eines Gletschers wichtige Zeit zwischen Mai und September gelegt. Albedomessungen am Gletscher kommen fallweise hinzu.

Die Massenhaushaltsuntersuchungen waren zunächst nur für die Dauer von 3 Jahren geplant. 1964 wurde das Programm als Beitrag des Geographischen Instituts der Universität Wien in das österreichische Programm der Internationalen Hydrologischen Dekade der UNESCO (IHD, 1964) aufgenommen. Hauptaufgabe des glaziologischen Teiles der Dekade ist es, die komplizierten Zusammenhänge zwischen Gletscher und Klima weltweit zu erforschen. Es sind Meßgebiete in drei Profilen über die Erde ausgewählt worden. Das Stubacher Sonnblickkees; in den Hohen Tauern, liegt zusammen mit dem Hintereis-, Kesselwand- und Vernagtferner (Ötztaler Alpen), in dem West-Ost Profil mittlerer geographischer Breite, das vom Atlantik über Europa und Asien bis zum Pazifik reicht. Es ist vorgesehen, die Untersuchungen bis 1974 fortzuführen.

7. Die sonstigen Forschungen

Neben dem Schwerpunktprogramm am Stubacher Sonnblickkees sind im Oberen Stubachtal noch weitere Forschungen, zum Teil in Zusammenarbeit mit anderen Instituten, im Gange.

1. Die eingangs beschriebenen besonderen Verhältnisse des Ödenwinkelkeeses (Abbildung 1, Tafel III) machen diesen Gletscher zu einem interessanten Forschungsobjekt. Neben den Rückgangsmessungen wurden vier Querprofile (1962, 1963, 1966) und ein Längsprofil (1965) gelegt, um Art und Ausmaß der Bewegung zu erfassen⁷. Die eingebohrten Pegel des Längsprofils werden zugleich zur Ablationsmessung verwendet. Im Zuge der photogrammetrischen Neuaufnahmen 1963 entstand auch vom Ödenwinkelkees eine Karte im Maßstab 1 : 10 000. Sie ist nicht nur eine geeignete Kartengrundlage für die Bewegungs- und Ablationsmessungen, sondern auch ein wertvolles glaziologisches Dokument.

⁶ An dieser Stelle sei Herrn Prof. Dr. H. HOINKES für die Überlassung eines Dampfbohrers gedankt.

⁷ In den Sommern 1964—66 wurden die Vermessungen gemeinsam mit W. PRETL und W. PEHAM, damals Studenten der Geodäsie an der Technischen Hochschule in Wien, durchgeführt, wofür ihnen an dieser Stelle gedankt sei.

2. Gemeinsam mit W. AMBACH, Physikalisches Institut der Universität Innsbruck, wurde 1965 am Sonnblickkees ein Spezialprogramm abgewickelt. Ziel der Untersuchungen war es, die bereits laufenden Arbeiten (W. AMBACH, 1966) über Isotope im Firn des Kesselwandferners durch Proben aus einem anderen Arbeitsgebiet zu ergänzen. Im Herbst 1965 und Frühjahr 1966 wurden Schneeproben gesammelt. Im Sommer 1966 wurde am Obersten Boden in 2920 m ein 11,75 m tiefer Firnschacht ausgehoben und daraus eine kontinuierliche Probenreihe entnommen. Die Feldarbeiten führte der Verfasser mit seinen Mitarbeitern durch, die Auswertung der Proben erfolgt am Physikalischen Institut in Innsbruck, sie werden durch radioaktive Isotope und auf Gesamt-Beta-Aktivität untersucht. Der Schacht, der bis in die Rücklage aus dem Jahre 1960/61 reichte, gab Einblick in die Stratigraphie und Dichte früherer Rücklagen. Für die Massenhaushaltsuntersuchungen bedeutete die Zusammenarbeit eine zweckmäßige Ergänzung.

3. Vom Institut für Medizinische Physik der Tierärztlichen Hochschule in Wien werden seit 1963 die künstliche Radioaktivität des Luftstaubes und seit 1965 auch die der Niederschläge gemessen (G. KECK und Mitarbeiter, 1967). Die Luftproben werden an der Bergstation der Seilbahn, die Niederschläge an der Rudolfshütte gesammelt.

4. Schließlich soll nicht unerwähnt bleiben, daß die meteorologischen Beobachtungen im Stubachtal einen Beitrag zur Klärung der Insektenwanderungen und Vogelzüge über die Alpen liefern. Vom Haus der Natur in Salzburg (K. MAZUCCO) ist während der Sommermonate eine Forschergruppe mit diesen Fragen beschäftigt.

8. Schlußbemerkung

Zwischen den ersten Gletscherrückgangsmessungen und den heutigen Massenbilanzstudien liegt ein mühevoller Weg. Manche Schwierigkeiten mußten überwunden werden, doch Schritt für Schritt ist aus dem Oberen Stubachtal ein Forschungsgebiet verschiedenster Wissenschaften geworden. Dem Verfasser ist es nicht nur eine Pflicht, sondern ein Bedürfnis, allen jenen, die zum Gelingen des Vorhabens beigetragen haben, zu danken. An erster Stelle muß ich meinen Bruder nennen, der mit mir lange Zeit ein „Zweimann-Team“ bildete und der mit mir gemeinsam den Aufbau durchführte.

Zu besonderem Dank bin ich meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. SPREITZER, verpflichtet, der ein steter Förderer meiner Arbeiten ist und der sie immer mit Interesse und großer persönlicher Anteilnahme verfolgt hat. Mein Dank gilt ebenso Herrn Prof. Dr. E. LENDL, der mir — seit meiner Anstellung am Geographischen Institut der Universität Salzburg — die Möglichkeit gibt, die notwendigen Arbeiten von dort aus durchzuführen.

Die Forschungen werden vom Österreichischen Alpenverein, vom Geographischen Institut der Universität Wien, von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, vom Österreichischen Hydrographischen Dienst, von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, und von den österreichischen Bundesbahnen durch Subventionen und Bereitstellung von Meßgeräten gefördert.

Nicht zuletzt möchte ich den freiwilligen Helfern danken, zumal es nicht immer reines Bergsteigervergnügen ist, die oft umfangreichen und mühsamen Geländearbeiten auszuführen.

Literaturverzeichnis

- AHLMANN, H. W.: The Fourteenth of July Glacier, Scientific results of the Norwegian — Swedish Spitzbergen Expedition 1934. part. 5, Geogr. Annal., 17., H. 3—4, Stockholm 1935.
- AMBACH, W. und EISNER H.: Analysis of a 20 m firn pit on the Kesselwandferner (Öztaler Alps). Journal of Glaciology, Vol. 6, No. 44, Cambridge 1966.
- HOINKES, H.: Das glazial-meteorologische Forschungsprogramm in den Öztaler Alpen. Ber. Dtsch. Wetterd., 8, Nr. 54, 1959, S. 8—13.
- Schwankungen der Alpengletscher — ihre Messung und ihre Ursachen. Umschau in Wissenschaft und Technik, Jg. 62, Frankfurt am Main 1962, S. 553—562.
- Glacial meteorology. Research in Geophysics, Vol. II. 1. T. — Press 1964, pp. 391—424.
- Zirkulationsbedingte Gletscherschwankungen. Carinthia II, 24. Sonderh. VIII. Int. Tagung f. Alp. Met. Villach, Sept. 1964, 1965, S. 272—280.
- HOINKES, H. und LANG, H.: Der Massenhaushalt von Hintereis- und Kesselwandferner (Öztaler Alpen) 1957/58 und 1958/59. Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl., Serie B, Bd. 12, H. 1, Wien 1962, S. 284—320.
- Winterschneedecke und Gebietsniederschlag 1957/58 und 1958/59 im Bereich des Hintereis- und Kesselwandferners (Öztaler Alpen). Arch. f. Met., Geoph. u. Biokl., Serie B, Bd. 11, H. 4, Wien 1962, S. 423—446.
- HOINKES, H. and RUDOLPH, R.: Mass balance studies on the Hintereisferner, Öztaler Alps, 1952—1961. Journal of Glaciology, V. 4, No. 33, Cambridge 1962, pp. 266—288.
- Variations in the Mass-Balance of the Hintereisferner (Öztaler Alps), 1952—1961, and their Relation to Variations of Climatic Elements. Init. Ass. of Sci. Hydr., Publ. No. 58, Symposium of Obergurgl, 1962, pp. 16—28.
- HOWORKA, H.: A steam-operated ice drill for the installation of ablation stakes on glaciers. Journal of Glaciology, Vol. 5. No. 51, Cambridge 1965.
- INTERNATIONALE HYDROLOGISCHE DEKADE: Programm im Rahmen der Intern. Hydr. Dekade für die ersten Jahre (IHD). Hektogr. hsg. vom österreichischen Nationalkomitee für die Intern. Hydr. Dekade, Wien 1964, S. 1—13.
- KASSER, P.: Der Einfluß von Gletscherrückgang und Gletschervorstoß auf den Wasserhaushalt. Wasser- und Energiewirtschaft, Nr. 6, 1969, S. 155—168.
- KECK, G. und Mitarb.: Die langlebige Radioaktivität im Hochgebirge (1. Jänner 1965 bis 31. Dezember 1966). Wiener Tierärztl. Monatsschrift, 54. Jg., H. 4., Wien 1967, S. 237—240.
- KINZL, H.: Beiträge zur Geschichte der Gletscherschwankungen in den Ostalpen. Z. f. Gletscherkunde, Bd. XVII, 1929, S. 66—121.
- LANG, H.: Der Massenhaushalt und Abfluß des Hintereis- und Kesselwandferners (Öztaler Alpen) in den hydrologischen Jahren 1957/58 und 1958/59 (IGY und IGC). Dissertation, Univ. Innsbr. 1962.
- Hydrometeorologische Ergebnisse aus Abflußmessungen im Bereich des Hintereisferners (Öztaler Alpen) in den Jahren 1957—1959. Arch. f. Met., Geoph. und Biokl., Serie B Bd. 14, Wien 1966, S. 280—302.
- LUDWIG, H.: Diplomarbeit am Institut für Photogr., Topogr. und Allg. Karth. an der Technischen Hochschule München, 1964.
- MEIER, M. F.: Proposed Definitions for glacier mass budget terms. Journal of Glaciology, Vol. 4, No. 33, Cambridge 1962, pp. 252—263.
- PIPPAN, Th.: Geomorphologische Untersuchungen im Stubachtal in den Hohen Tauern. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. Wien, Bd. 99, H. 1, 1957, S. 100—119.
- RENTSCH, H.: Diplomarbeit am Institut für Photogr., Topogr. und Allg. Karth. an der Technischen Hochschule München 1964.
- SCHIMPF, H.: Die Internationale Hydrologische Dekade, Österr. Wasserw. Jg. 17, H. 3/4, 1965, S. 63—67.
- SCHIMPP, O.: Der Haushalt des Hintereisferners (Öztal), Akkumulation, Ablation und Gletscherbewegung in den Jahren 1952/53, 1953/54. Veröff. Museum Ferdinandeum, 39, Innsbruck 1959, S. 66—138.
- SCHYTT, V.: Mass balance studies in Kebnekajse. Journal of Glaciology Vol. 4, Cambridge 1962, pp. 281—288.
- SEEFELDNER, E.: Salzburg und seine Landschaften. Salzburg/Stuttgart 1961, S. 130—139.
- SLUPETZKY, H. u. W.: IV. Internationaler Kurs für Hochgebirgs- und Polarforschung 1961 in Obergurgl, Tirol: Verlauf und Ergebnisse. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. Wien, Bd. 103, H. 3, Wien 1961, S. 354—357.
- Die Veränderungen im Massenhaushalt heutiger Gletscher. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., Bd. 105, H. 3, Festschrift Hans Bobek, Teil 1, 1963, S. 257—260.
- Ergebnisse der Gletschermessungen in der Granatspitz- und westlichen Glocknergruppe in den Jahren 1961/63. Mitt. d. Österr. Geogr. Ges. Wien, Bd. 106, H. 2, 1964, S. 231—235.
- Die Veränderungen des Sonnblck-, Ödenwinkel- und Unteren Rifffelkeeses in den Jahren 1960—1962. Wetter und Leben, Jg. 15, 1963, S. 60—72.
- TOLLNER, H.: Über die Veränderungen der Gletscher im Großglockner- und Sonnblckgebiet in den Jahren 1963 und 1964. Jahresbericht d. Sonnblckvereines, Jg. 60—62, Wien 1966, S. 56—64.
- WAGNER, A.: Wege zur Erforschung der Gletscherschwankungen. Mitt. d. Dtsch. u. Österr. Alpenvereines 1937, S. 251—253.