

Studienrichtung Vermessungswesen
Technische Universität Wien

**GEOWISSENSCHAFTLICHE
MITTEILUNGEN**

Heft 18

Die Höhe des Großglockners

Bericht über Arbeiten des Institutes für Allgemeine Geodäsie
zur Höhenbestimmung des Großglockners

Herrn o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich HAUER
zum 75. Geburtstag gewidmet

Veröffentlichung des Institutes für Allgemeine Geodäsie

Geowiss. Mitt.
18, 1981

Wien 1981

**Studienrichtung Vermessungswesen
Technische Universität Wien**

**GEOWISSENSCHAFTLICHE
MITTEILUNGEN**

Heft 18

Die Höhe des Großglockners

**Bericht über Arbeiten des Institutes für Allgemeine Geodäsie
zur Höhenbestimmung des Großglockners**

**Herrn o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Friedrich HAUER
zum 75. Geburtstag gewidmet**

Veröffentlichung des Institutes für Allgemeine Geodäsie

**Geowiss. Mitt.
18, 1981**

Wien 1981

Herausgeber, Verleger und für den Inhalt verantwortlich:
o.UProf.Dipl.Ing.Dr.techn.Gerhard BRANDSTÄTTER
Institut für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie
Gußhausstraße 27-29 A-1040 Wien

Klischees: ZEISS, Carl Zeiss-Oberkochen
 D-7082 Oberkochen , BRD
 SEYSS, Druckformen und Reproduktionen Ges.m.b.H.
 Hütteldorferstraße 149 , 1140 Wien

Einband: Buchdruckerei Franz Manhardt
 Floragasse 6 , 1040 Wien

Reprodruck:ZEISS, Carl Zeiss-Oberkochen
 D-7082 Oberkochen , BRD
 Buch- und Offsetdruck Oskar Buschek
 3830 Waidhofen an der Thaya

Karten-
druck : Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
 Krotenthallergasse 3 , 1080 Wien

Textdruck: Hochschülerschaft a.d. TU Wien
 Wirtschaftsbetriebe Ges.m.b.H.,Vervielfältigung
 Argentinierstraße 8 , 1040 Wien

Der Druck wurde teilweise aus einem Druckkostenbeitrag
des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung
finanziert.

Auflage: 950 Stück



Inhaltsverzeichnis:

	Seite
Vorwort	2
Curriculum vitae O. Prof. Dr. Friedrich Hauer	7
1. Hans BEYER: Studie über die Durchführung eines Nivellements auf den Großglockner	11
2. Das geometrische Nivellement Glocknerhaus-Großglockner	
2.1 Bericht über die Feldarbeit	23
2.2 Auswertung	31
3. Trigonometrische Höhenmessung	
3.1 Planung und Erkundung	36
3.2 Arbeitsbericht	39
3.3 Auswertung	41
3.4 Gegenüberstellung	52

VORWORT

Der höchste Gipfel Österreichs ist es gewiß wert, daß man sich etwas genauer mit ihm beschäftigt. Seine kühne, dem Alpenhauptkamm nach Süden vorgelagerte Gipfform hat schon frühzeitig die Aufmerksamkeit alpinistisch interessierter Natur- und Geowissenschaftler auf sich gelenkt. In den letzten Jahrzehnten steht dabei eindeutig die Glaciologie im Vordergrund, welche vier verschiedene Geowissenschaften, nämlich Geographie, Geologie, Geophysik und Geodäsie zu enger Zusammenarbeit veranlaßt. Der Beitrag geodätischer Arbeit umfaßt im allgemeinen die Bereitstellung geometrischer Formelemente sowie deren zeitlicher Änderungen als Grundlage weiterführender geowissenschaftlicher Forschung. Probleme, die bei derartigen großräumigen dreidimensionalen Messungen auftreten, sind selbst wieder geophysikalischer Art (Schwerefeld der Erde, Brechungsfeld der Atmosphäre), aber von diesen darf der Weiterverarbeiter der Meßergebnisse nichts merken und der Geodät muß allein mit ihnen fertig werden. Das extreme Gelände um den Großglockner bietet nun hierfür ein hervorragendes Experimentierfeld, nicht zuletzt wegen seiner dank der Großglocknerhochalpenstraße vorzüglichen Erreichbarkeit und des entlang dieser Straße bestehenden Präzisionsnivelements des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen [K.Mader, 1954].

Das Interesse des Institutes für Allgemeine Geodäsie der Technischen Hochschule unter dem damaligen Vorstand o. Professor Dipl.Ing.Dr.techn. Fritz Hauer wurde erstmals im Jahre 1955 aufgrund zweier wesentlicher Voraussetzungen auf dieses ideale Testgelände für hochalpine Vermessungsarbeiten gelenkt. Eine der Voraussetzungen war instrumenteller Art, nämlich die Einführung der jetzt bereits klassischen Kompensatornivelliere der Fa. Zeiß-Oberkochen, die andere ergab sich in der Person des expeditions- und alpin erfahrenen ersten Assistenten des Institutes, Dipl.Ing.Dr.techn. Hans Beyer. Dieser entwickelte, nachdem er im Jahre 1954 als wissenschaftlicher Leiter an der österreichischen Saipal-Expedition teilgenommen hatte, die Idee,

vom letzten staatlichen Höhenbolzen 17639 am Glockner-Haus über die Linie Franz-Josefs-Höhe - Pasterze - Glocknerkeller - Hofmannskees - Adlersruhe - Kleinglockner auf den Großglockner zu nivellieren. Vorstudien, Arbeitsbericht und Ergebnismittteilung zu dieser zumindest ungewöhnlichen Meßunternehmung bilden den ersten Teil der vorliegenden Publikation.

Dieses nunmehr 26 Jahre alte Zahlenmaterial sollte natürlich nicht ungenützt in den Archiven schlummern. Die Mitglieder des Institutes entschlossen sich daher im Jahre 1979, eine schon 1955 vorgesehene aber dann gescheiterte trigonometrische Überprüfung der Nivellementhöhen durchzuführen, selbstverständlich nun mit Hilfe der zeitgemäßen elektrooptischen Distanzmessung (EDM). Ein Bericht hierüber bildet den zweiten Teil des Heftes.

Letztendlich soll hiermit aber auch der fünfundsiebzigste Geburtstag des im Jahre 1976 emeritierten langjährigen Vorstandes des Institutes für Allgemeine Geodäsie, o.UProf.Dipl.-Ing. Dr. techn. Fritz Hauers, durch persönliche Widmung dieser Arbeit gebührend gewürdigt werden. Aus diesem Grunde ist den beiden Berichtsteilen das curriculum vitae des zu ehrenden vorangestellt, welches an die Verdienste erinnern soll, die sich F. Hauer um die technisch-naturwissenschaftliche Fakultät der TU-Wien und um die Studienrichtung Vermessungswesen erworben hat.

Die für einen Arbeitsbericht etwas luxuriöse, dem Anlaß aber sicher angemessene Ausstattung hat das Institut bei verschiedenen "Sponsoren" zusammengebettelt. Dies bezieht sich vor allem auf die Farb reproduktionen und es muß hier folgenden Förderern herzlichst gedankt werden:

AGA-Geotronics Directexport,
Assmayergasse 60, 1120 Wien
BUNDESAMT für Eich- und Vermessungswesen,
Gruppe L, Landesaufnahme
Krotenthallergasse 3, 1080 Wien
WILD-Heerbrugg AG., Werke für Optik,
Feinmechanik und Elektronik,
CH-9435 Heerbrugg/Schweiz
ZEISS, Carl ZEISS, D-7082 Oberkochen, BRD

Der Druck wurde durch einen Kostenbeitrag des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung unterstützt, die Finanzierung des nicht unbedeutenden Restes stammt aus instituts-eigenen Einnahmen in den Arbeitsbereichen Ingenieurgeodäsie und Datenverarbeitung.

Die Feldarbeiten des Jahres 1955 und jene des Jahres 1979 wurden ebenfalls durch Beiträge der zuständigen Ministerien unterstützt. Diese wie üblich nicht kostendeckenden Zuschüsse mußten durch Eigenleistungen der Beteiligten und durch viel Idealismus ergänzt werden, damit die mit großem körperlichen Einsatz verbundenen und teilweise nicht ungefährlichen Arbeiten im Hochgebirge überhaupt begonnen und zu einem guten Abschluß gebracht werden konnten. Es seien daher nachfolgend alle Beteiligten an den beiden Unternehmungen zwecks Würdigung der von ihnen erbrachten Leistungen namentlich angeführt. An den Arbeiten im Jahre 1955 nahmen teil :

- Dipl.Ing.Dr.techn.Hans BEYER ,später Hochschuldozent,
jetzt HTL-Professor i.R. und Ingenieur-
konsulent für Vermessungswesen in Villach
- Dietrich ENDL ,jetzt Dipl.Ing. und
Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen
in Villach
- Dipl.Ing. Wilfried FITZ ,jetzt Ingenieurkonsulent
für Vermessungswesen in Mödling
- cand.ing. Herbert GAILINGER ,jetzt Dipl.Ing. und
Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen
in Wiener Neustadt
- Helmut HAUER ,jetzt Dipl.Ing. und
Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen
in Wien
- Hans PLACH ,jetzt Dipl.Ing. und Oberrat
des wissenschaftlichen Dienstes an der
Techn. Universität Wien
- Dipl.Ing. Rudolf REISCHAUER ,jetzt Senatsrat und Leiter
der Magistratsabteilung 41 des Magistrates
der Stadt Wien
- Walter STURM ,jetzt Dipl.Ing. und
Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen
in Salzburg

Die angeführten Diplomingenieure waren Assistenten des Institutes, die anderen wissenschaftliche Hilfskräfte oder freiwillig mitwirkende Studenten.

Bei den Feldarbeiten des Jahres 1979 stand für den Transport der umfangreichen EDM-Ausrüstung ein VW-Kombi zur Verfügung, den freundlicherweise der Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen Baurat h.c.Dipl.Ing. Rudolf WAGENSOMMERER, Neulengbach, bereitstellte. An diesem Einsatz nahmen folgende Institutsangehörige teil :

Dipl.Ing.Dr.techn.	Gerhard BRANDSTÄTTER,
	Ord.Univ.Prof.für Allgemeine Geodäsie
cand.ing.	Johannes FABIANKOWITSCH,
	jetzt Dipl.Ing. und Universitätsassistent
Dipl.Ing.	Hans PLACH,
	Oberrat des wissenschaftlichen Dienstes
	Wilfried SCHRUTKA-RECHTENSTAMM,
	früherer Studienassistent
Dipl.Ing.	Erwin TRUTTMANN,
	Universitätsassistent
Dipl.Ing.	Günther WAGENSOMMERER,
	Universitätsassistent
cand.ing.	Thomas WUNDERLICH,
	jetzt Dipl.Ing. und Universitätsassistent

Diese mögen auch als Autorengemeinschaft verstanden werden, weshalb mit einer Ausnahme, nämlich der in Originalform wiedergegebenen Vorstudie von H.BEYER aus dem Jahre 1955 , keine speziellen Urheberangaben enthalten sind. Die für wissenschaftliche Publikationen ungewöhnlichen Berichtsteile 2. 1 und 3. 2 über die eigentlichen Arbeitsabläufe sollen bei dieser Gelegenheit nachdrücklich darauf hinweisen, mit welcher körperlichen Einsatzfreude und Sachkenntnis die Mitarbeiter derartiger Projekte bei der Sache sein müssen, um letztendlich ein paar Höhenkoten zu produzieren.

Bedauerlicherweise hat dieser Bericht auch die Funktion eines Abgesanges auf das traditionsreiche Institut für Allgemeine Geodäsie. Obwohl es das größte Institut der Studienrichtung

Vermessungswesen war, wurde es durch ministerielle Verfügung aufgelöst und zur Abteilung für Ingenieurgeodäsie des Institutes für Landesvermessung und Ingenieurgeodäsie umfunktioniert. Trotzdem wird hier die alte Bezeichnung verwendet, da der wesentliche Teil der geleisteten Arbeit noch unter dieser erbracht wurde.



em.ordentlicher Universitätsprofessor Dipl.Ing.Dr.techn.
Friedrich HAUER

Vorstand des Institutes für Allgemeine Geodäsie der Technischen Hochschule bzw. ab 1975 Technischen Universität Wien vom 18. Februar 1950 bis 30. September 1976.

Am 1. September 1906 in Thaya, Niederösterreich, geboren; Besuch der Volksschule in Thaya, der Realschule in Waidhofen an der Thaya und der Technischen Hochschule in Wien Studienrichtungen Bauingenieurwesen und Vermessungswesen sowie Erweiterungsstudien an der philosophischen Fakultät der Universität Wien; Ablegung der zweiten Staatsprüfung aus dem Vermessungswesen am 27. Juni 1932. Ab 1. Juli 1932 zunächst wissenschaftliche Hilfskraft, anschließend wissenschaftlicher Assistent bei den Professoren R. Schumann und F. Hopfner an der Lehrkanzel für Höhere Geodäsie und Sphärische Astronomie; reiche Gelegenheit zu vertieftem Geodäsiestudium und zu wissenschaftlicher Arbeit. Am 15. Dezember 1934 mit der Dissertation "Untersuchung über Kreisteilungsfehler" an der Technischen Hochschule Wien mit dem Kalkül "Ausgezeichnet mit Stimmeneinhelligkeit" zum Doktor der Technischen Wissenschaften promoviert; am 25. Juni 1940 mit der Habilitationsschrift "Flächentreue Abbildung kleiner Bereiche des Rotationsellipsoides in die Ebene durch Systeme geringster Streckenverzerrung" Habilitation aus Landesvermessung und Kartenentwurfslehre; Verleihung der Lehrbefugnis als Hochschuldozent am 12. März 1942.

Von der vorzeitigen Pensionierung Hopfners im Frühjahr 1938 bis zu seiner Rückkehr an die Hochschule im Frühjahr 1945 als Supplent für sämtliche Gegenstände der Lehrkanzel für Höhere Geodäsie und Sphärische Astronomie bestellt; in dieser Zeit auch bei der Abhaltung des Übungsbetriebes an den Lehrkanzeln für Allgemeine Geodäsie und Angewandte Geodäsie mithelfend tätig, um den kriegsbedingten Assistentenmangel steuern zu helfen; infolge der Vakanz der Lehrkanzel für Allgemeine Geodäsie nach dem Ableben von Professor Dokulil vom Herbst 1947 an gemeinsam mit Hochschulassistent Dr. J. Litschauer und Hochschuldozent Dr. K. Mader Supplent der zu-

gehörigen Unterrichtsfächer; nach dem tragischen Tode Hopfners bei einem Bootsunglück überdies für das Wintersemester 1949/50 neuerlich mit der Supplierung sämtlicher Gegenstände der Lehrkanzel für Höhere Geodäsie und Sphärische Astronomie betraut. Am 18. Februar 1950 Ernennung zum ordentlichen Professor für Geodäsie und zum zehnten Vorstand des Institutes für Allgemeine Geodäsie. Nach der mit 30. September 1976 erfolgten Emeritierung bis zum Dienstantritt des Nachfolgers o. Univ. Prof. Dr. G. Brandstätter am 1. Dezember 1977 mit der Leitung des Institutes und bis zum Ende des Wintersemesters 1977/78 mit der Weiterführung des Unterrichtes betraut.

Seit der Abfassung der Dissertation immer wieder mit wissenschaftlichen Problemen beschäftigt; nach Gruppen zusammengefaßt, zahlreiche wissenschaftliche und technisch - praktische Arbeiten aus folgenden Gebieten:

- a) Ausführliche Untersuchungen über Instrumentenfehler, insbesondere über Kreisteilungsfehler und die Achsfehler von Instrumenten sowie die zu ihrer Ermittlung gehörenden Apparaturen; Entwicklung eines Gerätes zur Prüfung von Kreisteilungen;
- b) Umfangreiche Untersuchungen zu Problemen der sphärischen Trigonometrie ; der Satz von Legendre, seine Geschichte und neue Beweise; spezielle Untersuchungen über rechtwinkelige und rechtseitige sphärische Dreiecke;
- c) Arbeiten aus der mathematischen Lehre vom Kartenentwurf, insbesondere über die flächentreue Abbildung des Rotationsellipsoides in die Ebene durch Systeme geringster Streckenverzerrung; Netzentwürfe und Berechnungen für Karten von großen Teilen der Erdoberfläche;
- d) Arbeiten aus dem Bereich der Allgemeinen Geodäsie; grundlegende Untersuchungen über die Größe ihres Anwendungsbereiches, die Genauigkeit langer Polygonzüge und Entwurf sowie Berechnung von Kontrolltafeln zur Polygonzugsberechnung;

- e) Arbeiten allgemeiner und besonderer Art in großer Zahl aus den verschiedensten Bereichen des Vermessungswesens, im besonderen aus der Ingenieurgeodäsie, wie Grundlagenmessungen für den Neubau von Bundesstraßen und Autobahnen, für Projektierungen zum U-Bahnbau in Wien, für Brückenbauwerke, für Seilbahn- und Tunnelbauten mit Entwicklung besonderer Hilfsgeräte. Ein großer Teil dieser Arbeiten ist noch in Zeiten ausgeführt worden, in denen es weder die elektronische Distanzmessung noch Computer gab, durch deren Einsatz inzwischen sowohl die Feld- als auch die Kanzleiarbeit erleichtert worden sind ;
- f) seit 1965 Aufbau des interfakultären geodätischen Rechenzentrums der Technischen Universität Wien, an dem in den Bereichen der Taschenrechner, Tisch- und Bürocomputer umfangreiche Programmsammlungen für die Bedürfnisse des praktisch tätigen Vermessungsingenieurs entwickelt wurden.

Vom November 1949 bis zum Ende des Wintersemesters 1977/78 Mitglied der Kommission für die zweite Staats- bzw. Diplomprüfung aus dem Vermessungswesen; vom Mai 1950 bis zum September 1960 gleichzeitig auch Stellvertreter des Vorsitzenden, seit Oktober 1960 gleichzeitig auch Vorsitzender dieser Kommission, seit März 1950 Mitglied der Kommission für die zweite Staats-bzw. Diplomprüfung aus dem Bauingenieurwesen, alles an der Technischen Hochschule bzw. Technischen Universität Wien ; von 1955 bis 1970 auch Prüfungskommissär für die zweite kulturtechnische Staatsprüfung und für die zweite forsttechnische Staatsprüfung an der Hochschule für Bodenkultur in Wien; vom Dezember 1956 bis Oktober 1965 fachtechnisches Mitglied des österreichischen Patentgerichtshofes, vom November 1965 bis Oktober 1975 fachtechnisches Mitglied des obersten Patent- und Markensenates Österreichs.

Vom Professorenkollegium für das Studienjahr 1954/55 zum Dekan der Fakultät für Angewandte Mathematik und Physik und für das Studienjahr 1955/56 zum Dekan der aus der Vereinigung der vorgenannten Fakultät mit der Fakultät für Chemie -

im Zuge einer Neuorganisation der Technischen Hochschule - hervorgegangenen Fakultät für Naturwissenschaften gewählt ; Vorsitzender zahlreicher Berufungskommissionen sowie von 1960 bis 1966 und von 1970 bis zur Emeritierung 1976 Obmann des Ehrungsausschusses der Technischen Hochschule bzw. Technischen Universität Wien; seit April 1952 Leitungsmitglied des österreichischen Vereins für Vermessungswesen und der österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie und seit 1973 Vizepräsident der Zusammenfügung beider wissenschaftlicher Vereinigungen; seit 1947 Mitglied der österreichischen Mathematischen Gesellschaft, seit 1950 Mitglied der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und von 1972 bis 1979 Präsident dieser Kommission; seit 1950 Korrespondierendes Mitglied der Deutschen Geodätischen Kommission bei der Bayr. Akademie der Wissenschaften und durch mehrere Jahre Kommissionsmitglied des Institutes für Kartographie der österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Seit 1949 staatlich befugter und beeideter Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen; von 1950 bis 1977 Prüfungskommissär für Ziviltechniker für das Fachgebiet Vermessungswesen.

Vom österreichischen Bundespräsidenten mit EntschlieÙung vom 27. Juni 1968 durch Verleihung des GroÙen Silbernen Ehrenzeichens für Verdienste um die Republik Österreich ausgezeichnet. Seit 29. März 1977 Ehrenmitglied des österreichischen Vereins für Vermessungswesen und Photogrammetrie. Als KongreÙdirektor mit der Organisation des zehnten Kongresses der Fédération Internationale des Géomètres in Wien betraut; Leiter der Vorbereitungen und der Durchführung der 100 - Jahrfeier der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung.

Verheiratet seit September 1933; drei Kinder, fünf Enkelkinder.

1. Studie über die Durchführung eines Nivellements auf den Großglockner.
H. Beyer

A u f g a b e n s t e l l u n g

Im allgemeinen dient ein Nivellement praktischen Zwecken und nur selten konnten solche Arbeiten zugleich für wissenschaftliche Untersuchungen verwendet werden. Die fallweise durch verschiedene Institute ausgeführten Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet haben sich bisher auf das Flachland und Mittelgebirge beschränkt und dienten vor allem zur Klärung von Senkungserscheinungen oder sonstiger Bodenveränderungen, oft zur Erprobung neuer Instrumente.

Die Alpen sind erst in wenigen Nivellementlinien überquert worden, da diese Arbeiten meist nur entlang von Straßen oder Bahnlinien durchgeführt werden. Bisher wurde noch kein Versuch unternommen, irgendeinen hohen Gipfel höhenmäßig durch ein Nivellement zu bestimmen. Das vorliegende Projekt stellt sich die Aufgabe, die Höhe des Groß Glockners (3797 m) zu nivellieren. Gerade dieser Berg eignet sich besonders für ein solches Unternehmen, da in seiner nächsten Umgebung die höchsten Nivellement Festpunkte Österreichs liegen; außerdem sind die Steiganlagen auf Grund des starken Touristenverkehrs sehr gut ausgebaut, auch ist der An- und Abtransport der Arbeitspartien über die Glocknerstraße sehr leicht durchführbar und überdies bieten sich viele Hütten als Stützpunkte an.

Die genannte Arbeit stellt einen ersten Versuch in dieser Richtung dar und gibt Gelegenheit, günstige Methoden dafür zu entwickeln und geeignete Instrumente zu erproben. Darüber hinaus würde die Ausführung dieser Messung eine Fülle interessanter Folgerungen zulassen, insbesondere wenn sie mit einer Gravimetrierung der Linie verbunden werden kann. Allein schon die Gegenüberstellung von geometrisch und trigonometrisch bestimmter Höhe läßt für diese extremen Verhältnisse ein wertvolles Ergebnis erwarten; die Verbindung mit den gemessenen Schwerewerten aber erlaubt die Diskussion der verschiedenen Reduktionsverfahren.

Die Durchführung dieser Arbeit kann als Grundlage für eine spätere Erweiterung dienen, da die Linie ohne größere Schwierigkeiten nach Süden verlängert werden kann; die eingemessenen Höhenbolzen sind überdies für direkte Beobachtungen der Eisbewegung des Hofmanns Kees verwendbar, der bisher glaziologisch noch wenig erfaßt wurde.

W e g f ü h r u n g

Der Glockner weist derzeit drei Wege auf, die auf Grund ihrer einfachen Wegführung, teilweisen Versicherung, guten Markierung und relativen Ungefährlichkeit als "Normal"-Anstiege bezeichnet werden. Genauer ausgedrückt gibt es allerdings nur bis zur Adlersruhe (3454 m) drei verschiedene Routen, während von dort aus nur ein Weg auf die Spitze führt (3797 m).

Diese drei Wege sind:

- a) Von Kals (1325 m) durch das Ködnitz Tal zur Luckner Hütte (2217 m), weiter zur Stüdl Hütte (2802 m) und über die "Schere" (3031 m) und den Ködnitzkees zur Adlersruhe.
- b) Von Heiligenblut (1383 m) durch das Leitertal zur Salm Hütte (2638 m) und über die Hohenwartscharte (3182 m) zur Adlersruhe.
- c) Vom Glocknerhaus auf der Straße zur Franz Josephs Höhe (2362 m), weiter auf dem "Hofmannsweg", die Pasterze querend, durch Schroffen und über den Hofmanns Kees zur Hohenwarte und weiter zur Adlersruhe.

In Abb. 1.1 sind durch alle drei Wege Längsschnitte gelegt, wobei die Serpentina in der Längenzählung nicht berücksichtigt wurden, so daß sich eine idealisierte Wegführung ergibt. Daraus ersieht man die folgende Gegenüberstellung:

Weg	idealisierte Länge	Höhenunterschied	Steigung in ‰
a	10,6 km	2130 m	20,1
b	11,5 km	2070 m	18,0
c	8,0 km	1320 m	16,5

Von diesen drei möglichen Wegen fällt der Weg a) außer Betracht, da in Kals kein geeigneter Höhenanschlußpunkt vorhanden ist. Die Wahl zwischen b) und c) muß zu Gunsten von Weg c) entschieden werden, da dadurch über 700 Höhenmeter an Nivellement gespart werden und dieser Weg zudem die geringste durchschnittliche Steigung aufweist; der Weg Glocknerhaus-Hofmannsweg-Adlersruhe soll daher genauer studiert werden.

a) Ausgangspunkte.

Von den Punkten des Präzisionsnivelements über die Glocknerstraße sind folgende besonders günstig als Ausgangshöhen verwendbar:

Höhenmarke an der SO-Front des Glocknerhauses H = 2134,5378 m

Bolzen an der Südseite der Straßenstützmauer

zwischen dem km 4,8 und dem Karl Volkerthaus H = 2145,9939 m

Weitere drei Punkte sind noch in erreichbarer Nähe und zwar:

Bolzen in der Straßenstützmauer, süd -

westlich vom E-Werk H = 2086,0000 m

Bolzen im Fels am Pfannlbach H = 2022,3497 m

b) Genaue Linienführung.

Beginnend beim Glocknerhaus erscheint es ratsam, auf der ausgebauten Straße zu bleiben und auf ihr bis zur Franz Josephs Höhe zu nivellieren. Der direkte Abstieg vom Glocknerhaus zur Pasterze ist aus drei Gründen unvorteilhaft. Einmal ist der Weg weniger bequem zu gehen, weiters beträgt der Abstieg zur Pasterze 160 m gegenüber 60 m bei der Franz Josephs Höhe (diese Angaben entsprechen dem Kartenstand 1932), und schließlich bie-

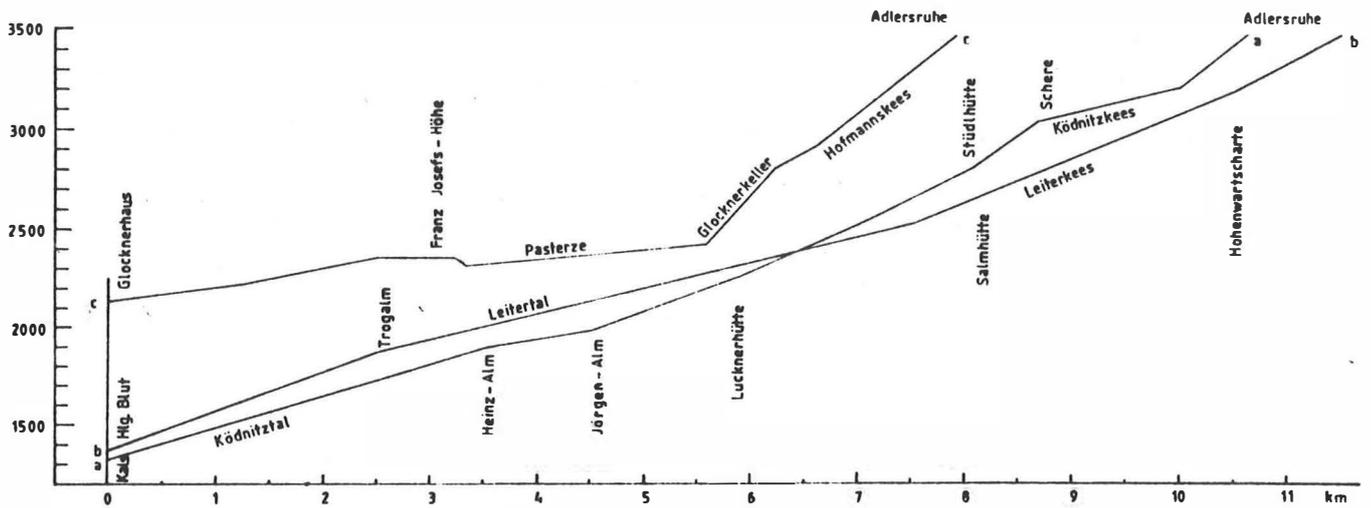


Abb. 1.2

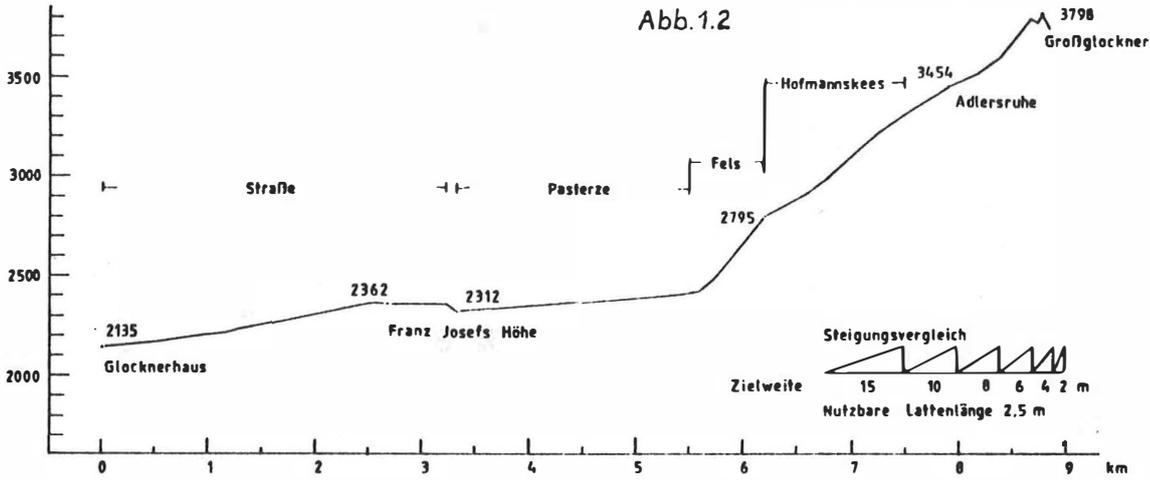
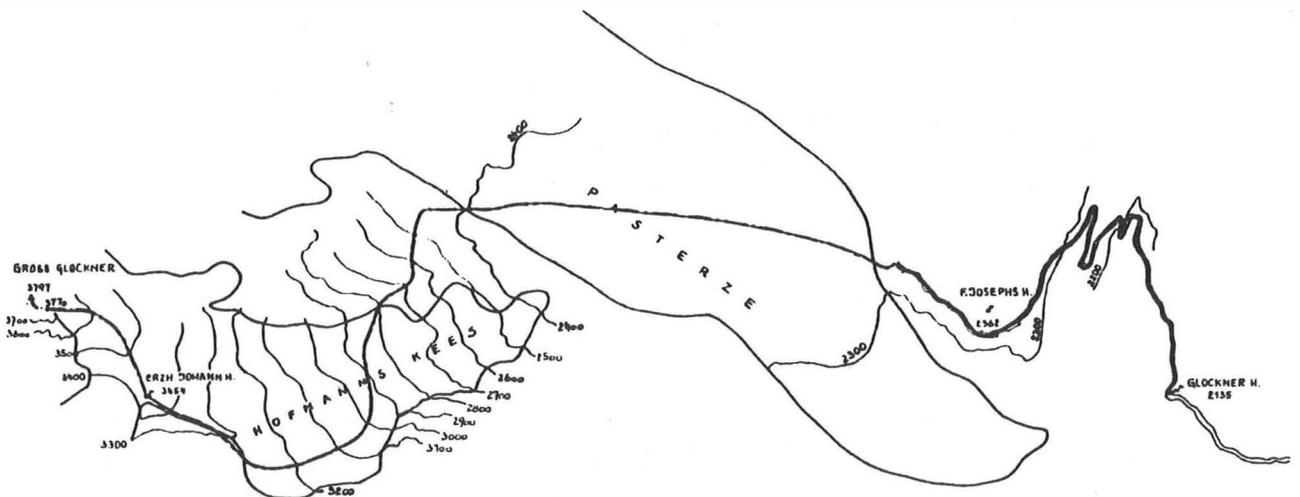


Abb. 1.2



IDEALISIERTE WEGFÜHRUNG c)
Abb. 1.3

tet die Straße eine Reihe von Zwischenpunkten, die im anderen Falle erst stabilisiert werden müßten. Bei der Fr. Josephs Höhe ist sodann auf gut ausgetretenem Pfad zur Pasterze abzustiegen. Auf ihr gewinnt man in genau westlicher Richtung wieder 100 Höhenmeter und steht sodann vor einer großen Steinrinne dem "Glocknerkeller". Hier gewinnt der ausgebaute AV-Steig an der linken Seitenwand in Serpentinaen steil ansteigend weitere 400 m (ca. 2800 m), um sodann auf das Eis des Hofmann Kees überzugehen. Dieser Gletscher ist in seiner nördlichen Randzone und im Mittelteil meist stark zerklüftet, so daß der Normalanstieg erst auf seinen südlichen Teil quert, um dann mäßig steil gegen die Hohenwarte anzusteigen. Bei etwa 3200 m verflacht der Weg wieder und zieht dann über Schutt und Schroffen gut ausgebaut zur Adlersruhe (3454 m). Nunmehr setzt der letzte und schwierigste Teil an. Ein anfänglich flaches Eisfeld beginnt bei etwa 3500 m jäh steiler zu werden und leitet so zu den plattigen Felsen des Kleinglockners über, wobei es im oberen Teil meist schneefrei ist und einige Schwierigkeiten bietet.

Bei etwa 3700 m betritt man die Schroffen des Kleinglockners, dessen Felsgrat durch feste Stahlseile versichert ist, auf die jedoch kein besonderer Verlaß ist. Die Südseite dieser Felsschneide ist mäßig schwierig gangbar, so daß man schräg ansteigend die Scharte zwischen Klein- und Großglockner erreichen kann. Dieses Wegstück, sowie die Überwindung der letzten 50 m am Großglockner müßten erst genau erkundet, ausgebaut und versichert werden, jedoch läßt sich jetzt schon sagen, daß die größten Schwierigkeiten auf dem Gipfelaufbau des Großglockners liegen werden.

Abb. 1.2 gibt einen genauen Höhenschnitt in der idealisierten Wegführung. Im gleichen Überhöhungsverhältnis (1:2) gibt das Diagramm "Steigungs-Vergleich" an, wie groß jeweils die Zielweite sein kann, wenn 2,5 m der Latte ausnützbar sind.

Aus dem Kartenausschnitt Abb. 1.3 ist die idealisierte Wegführung c) zu ersehen.

I n s t r u m e n t e l l e A u s r ü s t u n g

a) Das Nivellier.

Bei der Wahl des Nivellierinstruments müssen mehrere Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Einmal schränkt die anzustrebende Genauigkeit den Kreis der Geräte bereits ein. Für diese Höhenmessung, die in ihrer Güte zwischen einem Technischen und einem Präzisionsnivellement liegen soll, kommen vor allem die Instrumente der Type 2 in Frage. (Wild Ni 2, Zeiß Ni 2) Nivelliere geringerer Genauigkeit scheiden von selbst aus, während die Präzisionsgeräte auf Grund ihres bedeutenden Gewichts und ihrer umständlichen

Handhabung kaum in Betracht gezogen werden können.

Bedenkt man, daß der größte Teil der Aufstellungen in stark geneigtem Gelände, auf Geröll, Schnee oder Eis erfolgen wird, also auf stets nachgiebigem Untergrund, so kommt praktisch nur das Zeiß Ni 2 (Opton) in Betracht, das durch seinen Kompensator jede kleine Veränderung des Stativs sofort ausgleicht. Da es zudem gegen Sonne unempfindlich ist, kann man ohne Schirm beobachten, was eine wesentliche Erleichterung darstellt.

Um die Arbeit zu vereinfachen und zugleich die Güte zu steigern, wäre die Verwendung eines Doliprismas (Dosen-Libellen-Prisma) und eines Plattenmikrometers angezeigt. (s. Beilage). Zusätzlich müßte man das Instrument mit einer Sonnenblende versehen, um die Optik bei leichtem Regen oder Nebelreißern zu schützen, da die Beobachtung sonst durch die sich ansetzenden Wassertropfen sehr bald unmöglich wird. Ebenso ist auf eine kälteunempfindliche Ölung zu achten.

b) Das Stativ.

Das zum Opton gehörige Stativ erscheint aus zwei Gründen für diese besondere Arbeit nicht geeignet. Einmal bieten die kegelförmigen Füße in Schutt und Geröll keinen Vorteil, da sie sich sicherlich leicht verklemmen; in der reinen Felsregion, wo die Füße immer in kleine Felsspalten gestellt werden müssen, bietet ein flacher Fuß mehr Halt. Weiters ist dieses Stativ lediglich auf 1,05 m zusammenschiebbar, während die übrigen Stative nur 90 cm lang sind. Da im steilen Gelände jeweils ein Fuß zur Abstützung gegen den Hang gestellt werden muß, ist die geringste Länge der Füße maßgebend für die am Steilhang noch mögliche Aufstellung. Es wird daher vorgeschlagen, etwa das Stativ des Wild Ni 2 zu verwenden; es müßte zusätzlich mit einem Ring versehen sein, um es gegebenenfalls mit einem Karabiner an einen Sicherungsblock oder einen Haken anhängen zu können. Ebenso ist eine Tragvorrichtung nötig, mit der man Stativ samt Instrument am Rücken anschnallen kann.

c) Die Latte.

Die verwendete Latte soll stabil, leicht, möglichst lang, temperaturunempfindlich, genau und einfach transportierbar sein, Bedingungen die sich nicht alle zugleich erfüllen lassen. Die folgende Aufstellung gibt Auskunft über Länge und Gewicht:

L a t t e	L ä n g e m	Gewicht kg	Länge in zusammengelegtem Zustand.
Zeiß, Invar, 8cm breit	3	9	nicht zusammenlegbar
Reiselatte, 6 cm breit			
vierteilig	4	5	ca. 1,0
dreiteilig	4 (3)	4,2(3,8)	" 1,3
zweiteilig	4 (3)	3,6(3,2)	" 2,0

Normallatte, 8 cm breit

vierteilig	4	6	"	1,0
dreiteilig	4 (3)	5,2(4,7)		1,3
zweiteilig	4 (3)	4,6(4,1)		2,0

Die Benützung des Opton mit Planplatte verlangt eine Zeiß Invarlatte, die jedoch die schwerste und unhandlichste ist. In dieser Hinsicht am günstigsten erscheint eine vierteilige Reiselatte von 4 m Länge, deren Stabilität und Genauigkeit jedoch erst zu prüfen wäre.

Auf jeden Fall sind die zu verwendenden Latten mit einer guten Trageeinrichtung, mit Sicherungsringen und Schutzhüllen zu versehen.

d) Der Untersatz.

Für den vorgesehenen Zweck erscheint ein Untersatz mit großer Fläche, kurzen jedoch spitzen und stabilen Füßchen von mäßigem Gewicht als geeignet.

e) Die zusätzlichen Geräte.

Einige kleinere Geräte sind zusätzlich mitzunehmen:
Gefällsmesser, Trieder, Aneroid, Kcompaß, Maßband, Lattenrichter.

D u r c h f ü h r u n g

a) Die Erkundung.

Die Erkundung sollte etwa Anfang Juli durchgeführt werden, da zu diesem Termin die Schneelage schon erträglich ist, andererseits bis zur Messung noch genügend Zeit verstreicht, in der sich die angebrachten Fixpunkte setzen können. Die Teilnahme der Lattenträger und des Protokollführers ist ratsam, da eine gute Ortskenntnis bei dieser Arbeit sehr vorteilhaft sein wird, außerdem bietet die Erkundung die Möglichkeit, fehlende alpine Erfahrung zu ergänzen und die persönliche Sicherheit zu steigern. Neben der Wegsuche und der unten noch besprochenen Stabilisierung muß bei dieser Gelegenheit auch der Ausbau der schwierigsten Teile möglichst vorgetrieben werden; man wird solche Wegstellen zweckmäßig durch Farbe kennzeichnen und nötige Felshaken bereits einschlagen. Eine endgültige Versicherung kann jedoch noch nicht angebracht werden, da sie bis zur Vermessung wieder abmontiert wäre. Es ist wichtig, die Zeichen in Form und Farbe deutlich von den Wegmarkierungen, sowie die Versicherungen durch Tafeln von den AV-Steigen zu unterscheiden, da es sonst bei dem starken Touristenverkehr leicht zu unangenehmen Zwischenfällen kommen könnte.

b) Die Stabilisierung.

Im Bereich zwischen Glocknerhaus und Fr. Josephs Höhe werden Bolzen als Zwischenpunkte einbetoniert, da längs der Straße genügend Wasser zur Ver-

fügung steht und der Transport leicht ist. Rechnet man pro Aufstellung einen Höhengewinn von 2,5 m und mit täglich 50 Aufstellungen, so wäre alle 100 bis 150 Höhenmeter ein Bolzen einzusetzen, d.h. zwei an der Straße und einer auf der Franz Josephs Höhe.

Die weitere Wegstrecke ist durch schwierigen Transport und Wassermangel gekennzeichnet. Da zudem nur der gewachsene Fels für die Anbringung von Höhenfestpunkten zur Verfügung steht, erscheint es aus all diesen Gründen besser, einfache Stahlstifte einzuschlagen, wie sie oft auch als künstliche Tritte bei Sicherungen angewendet werden. Es ist außerdem zu bedenken, daß diese Stifte jeweils als Abschlußpunkt für die tägliche Arbeit dienen sollen; sie werden daher zweckmäßig erst bei der Vermessung eingeschlagen, da es auf Grund des Geländes und der Wetterverhältnisse kaum vor auszusehen ist, wo jeweils der Tagesabschluß erfolgen wird. So betrachtet, sind überhaupt nur Stifte zur Vermarkung geeignet.

Es erscheint ratsam, einige davon auch wie in Abb. 1.4 skizziert flach anschmieden zu lassen, damit sie in die Ritzen besser eindringen, und außerdem auf jeden Fall einen entsprechenden Steinbohrer mitzunehmen.

Während ein Nivellement-Bolzen ca. 1 kg wiegt und dazu noch 1/2 kg Zement braucht, kann das Gewicht der Vermarkung durch Verwendung der genannten Stifte herabgesetzt werden, was aus folgender Tabelle hervorgeht, die für verschiedene Längen und Dicken gerechnet wurde:

		Gewicht in g		
Länge mm	Durchmesser mm	20	25	30
	150		354	554
200		472	738	1062
250		590	922	1326
300		708	1106	1590

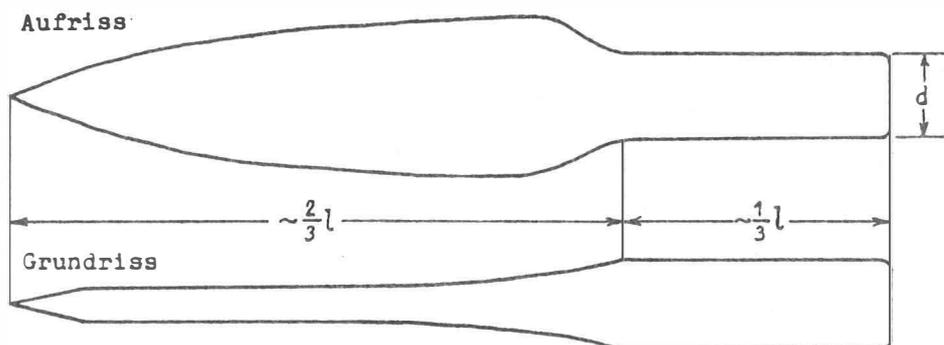


Abb. 1.-

Ein Überschlag für die Anzahl der benötigten Bolzen und Stifte ergibt sich aus folgenden Überlegungen:

Bolzen werden gesetzt: zwei Stück auf der Straße zwischen Glocknerhaus und Franz Josephs Höhe, einer auf der Höhe selbst, einer am Ende der Straße vor dem Abstieg zur Pasterze und einer an der Erzherzog Johann Hütte auf der Adlersruhe, das sind zusammen fünf Stück.

Die Vermarkung an den beiden Rändern der Pasterze wird auf Schwierigkeiten stoßen, da der gewachsene Fels insbesondere auf der nördlichen Seite wenig zu Tage tritt bzw. schwer erreichbar ist; jedenfalls müssen auf beiden Seiten Marken gesetzt werden, da man die Pasterze in einem Tag überqueren muß, was bei ca. 100-120 m Höhenunterschied und ca. 2,5 km Entfernung wohl durchführbar ist.

Der folgende steile Anstieg an der linken Seite des Glocknerkessel bietet genügend Fels zur Anbringung von Stiften, jedoch dürften viele technische Schwierigkeiten auftreten, so daß man nur mit einem geringen Arbeitsfortgang rechnen kann. Bei einer Grundlage von 25 Aufstellungen und 2,5 m Höhengewinn je Aufstellung müßte man etwa alle 60 Höhenmeter eine Marke setzen, also 5 Stück bis zum Betreten des Hofmanns Kees.

Nun ist eine Querung dieses Gletschers nötig, so daß die weitere Stabilisierung an den südlichen Begrenzungsfelsen erfolgen muß. Wie die Luftbilder zeigen, eignen sich die Nunataks nicht dazu, da der Gletscher in ihrer Umgebung zusehr zerklüftet ist. In diesem Bereich ist zu bedenken, daß die Begrenzungsfelsen oft durch eine Randkluft vom Eis getrennt sind, so daß sie mancherorts wohl nicht erreichbar sein werden,

In diesem Zusammenhang ergibt sich die Frage, wie hoch die Stifte über dem Eis angebracht werden sollen. Jedenfalls müssen sie gut erreichbar sein, sollten aber doch so hoch liegen, daß sie durch Schneefälle nicht verdeckt werden und auch bei einer etwaigen Eiszunahme noch einige Jahre brauchbar bleiben. Ob sie bei weiterem Eisrückgang immer leicht erreichbar sein werden, ist nicht feststellbar; sicherlich dürften sich aber Marken, die kurz über Felsabsätzen liegen, am besten eignen, während ihre Anbringung direkt an den Schliffspiegeln zu vermeiden ist. Da jedoch der Gletscher den Aufstellungen weniger Hindernisse entgegengesetzt als die Felsen, kann man in dem Teil bis zur Adlersruhe mit einer besseren Arbeitsleistung rechnen, mit etwa 35 Aufstellungen, das sind ca. 90 Höhenmeter pro Tag, so daß 7 Höhenmarken zu setzen sein werden.

Von der Adlersruhe aus muß man sich ein steiles Schneefeld hinaufhandeln, das etwa 200 m hoch ist, also zwei weitere Stifte benötigt, die in den südlichen Randfelsen eingeschlagen werden können. Über die restlichen ca. 150 m kann man wenig sagen, da die Verhältnisse erst einer eingehenden Erkundung bedürfen.

Für die Berechnung des Höhenunterschiedes werden nur die beide Lesungen an der Invar Latte verwendet, daher sind auch nur ihre Standpunkte zu signalisieren und zu bezeichnen.

Bei der Anordnung kann man pro Station etwa 2,5 m an Höhe gewinnen, d.h. man benötigt 40 Aufstellungen je 100 Höhenmeter. Vom Glocknerhaus bis zum Gipfelkreuz sind es also mindestens 680 Stationen.

In sehr ungünstigem Gelände, in dem das Stativ abrutschen oder von Steinen getroffen werden kann, müßte man zudem die beiden Latten abwechselnd vorschreiten lassen. Also:

Invar Latte Rücklesung, Frosch bleibt liegen, Invar Latte geht weiter.
Inzwischen Holz Latte Rücklesung.

Invar Latte Vorlesung, Holz Latte geht mit zwei Fröschen weiter.

Holz Latte Vorlesung.

Stationswechsel.

Hiebei sind drei Unterlagsplatten erforderlich. Schwierigkeiten dürften sich dadurch ergeben, daß alle Mann angeseilt sein müssen.

Aus den bisherigen Ausführungen ergibt sich, daß die Arbeitspartie aus Beobachter, Protokollschreiber, zwei Lattenträgern und einer Hilfskraft, die allgemeine Trägerdienste versieht sowie die Stationen ausschauft und markiert, besteht. In schwierigem Gelände würden sich somit eine Zweierseilschaft am Instrument und eine Dreierseilschaft mit den Latten ergeben. Da die Visurweiten kaum mehr als 40 m betragen werden, ist auch eine andere Art der gegenseitigen Sicherung denkbar, was sich jedoch erst bei der praktischen Arbeit ergeben wird. Ebenso kann über das Arbeitsverfahren im letzten Teil erst nach der Erkundung genaueres gesagt werden, insbesondere, ob die Mit Hilfe weiterer Kräfte zur Sicherung nötig sein wird.

Als Stützpunkte eignen sich folgende Hütten:

Glocknerhaus 2136 m

Fr. Josephs Haus 2362 m

Hofmanns Hütte 2442 m

Erzherzog Johann Hütte 3454 m.

Da es wenig rationell wäre, im Bereich zwischen den letzten beiden Hütten alles Gerät immer wieder heimzutragen, ist die Mitnahme eines Depot Zeltes ratsam. Dieses kann fallweise beim Punkt 2796 m vor dem Betreten des Hofmanns Kees, später bei der Hohenwarte (ca. 3200 m) und schließlich unter dem Kleinglockner auf ca. 3650 m aufgebaut werden. Gut wäre es, das Zelt mit etwas Lebensmittel, einem großen Kocher sowie dem nötigen Geschirr zu versehen, um der Partie bei kurzzeitigen Unwettern eine Unterkunft und Möglichkeit zum Aufwärmen zu bieten.

d) Die günstigste Zeit.

Für die Erkundung wurde schon Anfang Juli vorgeschlagen; die Messung sollte zwischen 15. August und 15. September erfolgen, da zu dieser Zeit mit günstigen Wetterbedingungen bei ausreichender Arbeitszeit zu rechnen ist.

Zeitaufwand, Kosten, Ausrüstung

a) Der Zeitaufwand.

Die Erkundung kann mit etwa 6 Tagen + 2 Reisetagen veranschlagt werden. Die Messungsdauer ergibt sich aus folgender Aufstellung:

Glocknerhaus-Franz Josephs Höhe ($\Delta H \sim 220$ m)

60 Aufstellungen pro Tag = 150 m/Tag	1,5 Tage
Abstieg zur Pasterze	1,5 "
Überquerung der Pasterze	1 "
Glocknerkeller bis Hofmanns Kees ($\Delta H \sim 400$ m)	
25 Aufstellungen pro Tag = 65 m/Tag	6,5 "
Hofmannskees bis Adlersruhe (H 650 m)	
35 Aufstellungen pro Tag = 90 m/Tag	7,5 "
Adlersruhe bis Kleinglockner ($\Delta H \sim 200$ m)	2 "
Kleinglockner-Großglockner ($\Delta H \sim 150$ m) (?)	4 "

24
Rast und Reservetage 4
Reisetage 2
<hr/> 30 Tage

Auf Grund dieser relativ langen Arbeitszeit wäre der Einsatz zweier Nivellementpartien zu überlegen. Hierbei könnte eine "normale" Partie vom Glocknerhaus bis zum Glocknerkeller, eine "alpine" Partie von dort beginnend zum Gipfel arbeiten. Die Einsparung beträgt allerdings nur 4 Tage.

b) Die Personalkosten

Setzt man für Verpflegung und Quartier S 60 je Tag an, was auf den Hütten sicher gebraucht wird, so ergibt sich:

Erkundung mit der Partie von 4 Mann + einem Träger = 5.60 = S 300.- pro Tag, für 6 Tage	S 1800.-
Messung, ebenso S 300 pro Tag, für 28 Tage	8400.-
	<hr/>
	S 10.200.-

Dazu kämen noch die Kosten für die Reisetage

für 4 Mann und 4 Tage	960.-
Lohn für einen Träger S 40 je Tag, für 6 + 28 Tage	1360.-
Reisekosten für 4 Mann jeweils 4 Fahrten zu S 126,40	2022.40
	<hr/>

S u m m e: S 14.542.40

c) Die Materialkosten.

Hier kann noch kein Kostenvoranschlag durchgeführt, sondern lediglich die einzelnen Titel angeführt werden, wobei die Liste noch keineswegs vollständig ist.

5 Nivellementbolzen
30 Versicherungsstifte
100 Markierungsfahnen
5 kg Farbe
 Pinsel
 Felshaken (je Stk. ca S 2.-)
 Karabiner (" " " S 10.-)
 6 mm Reepschnur (je m ca. S 9.-)
2.40 m Perlon-Seile (je ca S 900.-)
Lawinenschaufeln
Schlegel, Steinbohrer
Hüllen für Instrumente und Latten
Tragrucksäcke
Eisbeil

Die zusätzlichen Geräte und kleineren instrumentellen Umbauten erscheinen durch die Dotation gedeckt.

d) Die Ausrüstung

Jeder Mann der Arbeitspartie muß über eine vollständige und vollwertige alpine Ausrüstung verfügen. Insbesondere auf ein erstklassiges Schuhwerk muß Wert gelegt werden, da die Arbeit tagelang in Schnee und Eis erfolgt. Weiters ist eine leichte Windbekleidung bestehend aus Windhose und Windbluse aus Batist angebracht. Eines besonderen Schutzes bedürfen auch die Hände durch leichte Handschuhe und Fäustlinge aus Wolle bzw. aus Segeltuch. Wichtig sind ferner gute Gletscherbrillen, Pickel und gut passende Leicht-Steigeisen.

Da diese Ausrüstung kaum von jedermann komplett beigelegt werden kann und einige Teile davon bei fünfwöchiger Arbeit außerordentlich abgenutzt werden, ist die Unterstützung von Firmen oder die Bereitstellung zusätzlicher Mittel nötig.



Bild 1



Bild 2

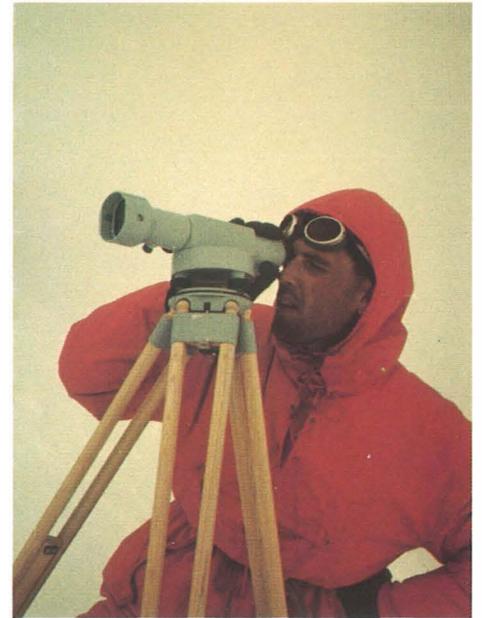


Bild 3



Bild 4

Bild 5

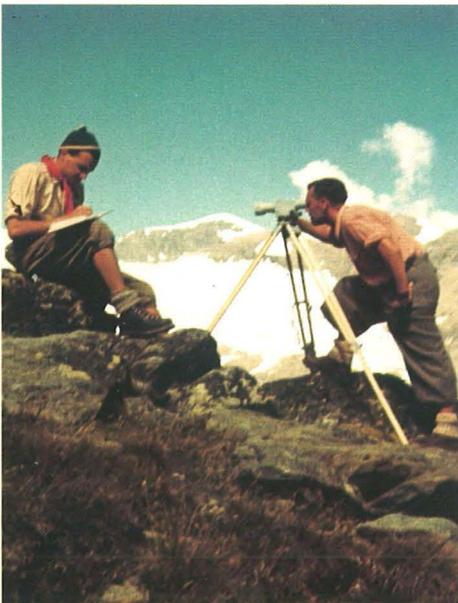


Bild 6





Bild 7

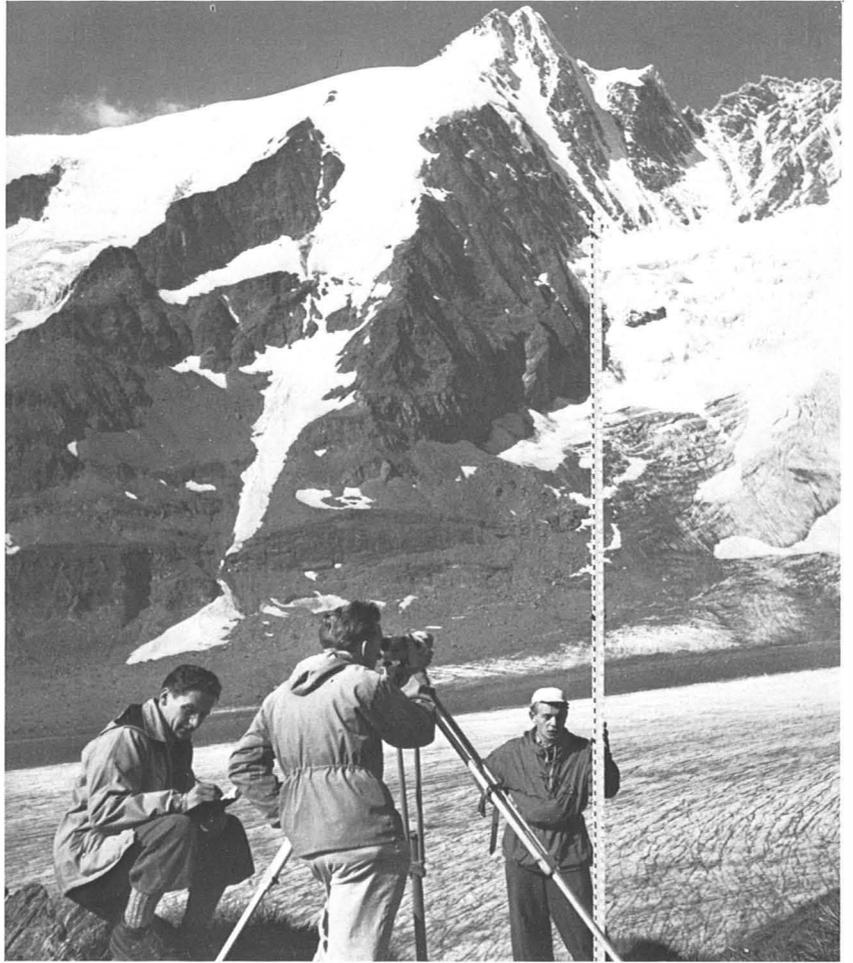


Bild 11



Bild 8



Bild 12



Bild 9



Bild 10



Bild 13



Bild 14



Bild 17



Bild 15



Bild 18



Bild 16



Bild 19



Bild 20

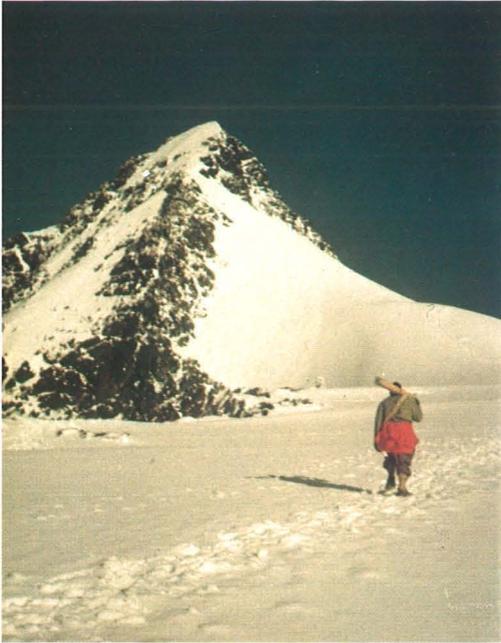


Bild 21

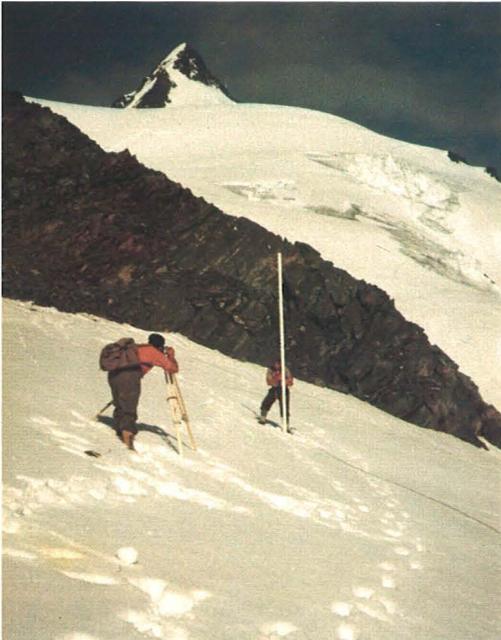


Bild 22

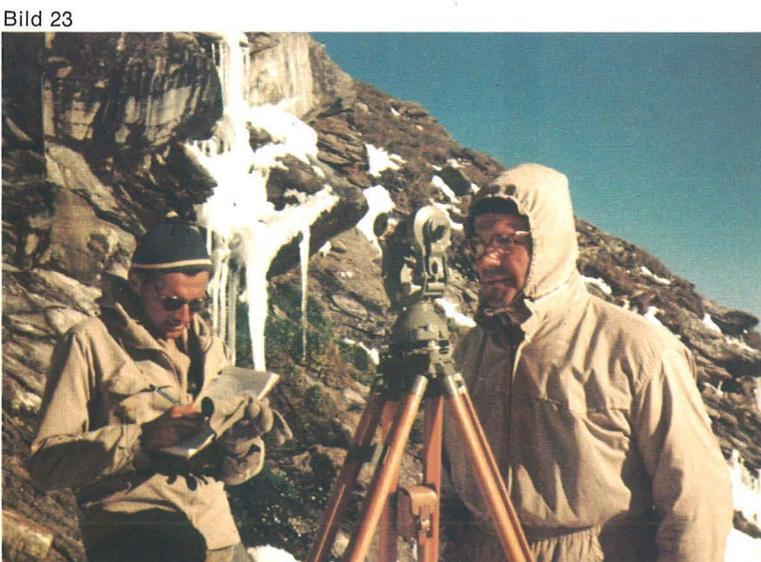


Bild 23



Bild 24

Bild 25

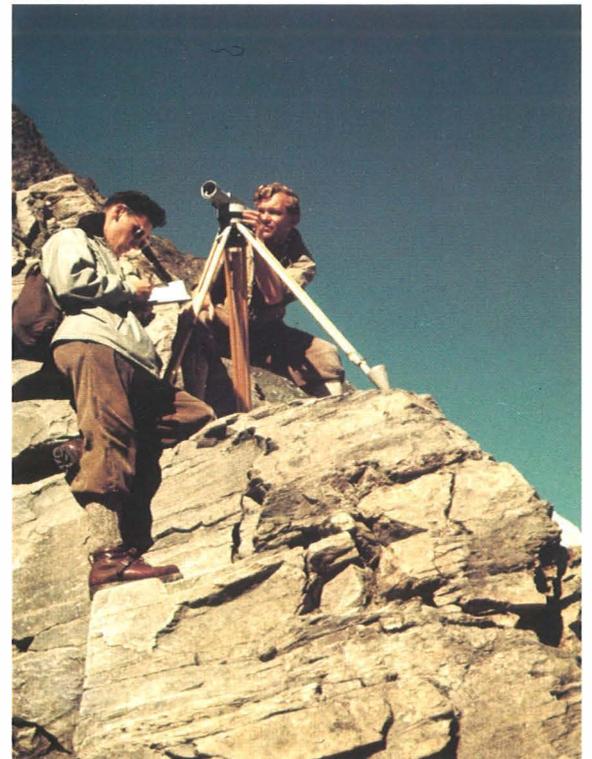




Bild 26

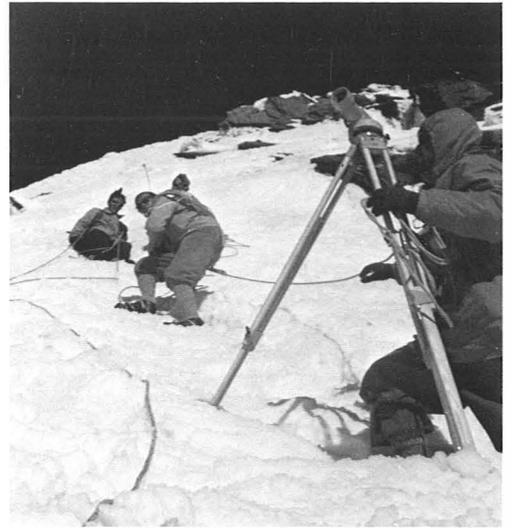


Bild 28



Bild 29



Bild 27



Bild 30



Bild 31

2. Das geometrische Nivellement Glocknerhaus-Großglockner

2.1. Bericht über die Feldarbeit (1. - 20. September 1955)

Das damals marktbeherrschende optisch-mechanisch kompensierte Nivelliergerät Ni 2 mit Planplattenmikrometer der Firma Zeiß-Oberkochen (Opton) war zweifellos das einzige geeignete Instrument für eine derartige Unternehmung. Um zwei Meßpartien ausrüsten zu können, erwarb das Institut ein zweites Gerät (Serien - Nr. 150499), mußte aber dann das bereits vorhandene gegen ein neues (Nr. 150563) austauschen, weil die ältere Ausführung u.a. kein hier unerläßliches Dosenlibellenprisma aufwies. Großzügigerweise erfolgte der Umtausch ohne Aufzahlung. Aus Gewichtsgründen wurde auf Invarlatten verzichtet. Verwendung fanden Zeiß - Holzlatten mit 1/2-cm-Teilung, wodurch natürlich die bekannten Unsicherheiten hinsichtlich Feuchtigkeit in Kauf genommen werden mußten. Für die vorgesehene trigonometrische Kontrollmessung standen zwei Wild - Universaltheodolite (T 2) mit Zwangszentrierung und Basislatte zur Verfügung.

Motor des Unternehmens war Dr. Hans Beyer. Sein Elan riß alle anderen mit und bewirkte auch, daß sich eine große Anzahl von Studenten zur Teilnahme als Hilfskräfte meldete. Aus diesen wurden vier ausgewählt und sodann zwei Arbeitsgruppen gebildet, die folgendermaßen zusammengesetzt waren (volle Namensnennung siehe Vorwort) :

Gruppe 1 : Beyer - Fitz - Endl - Sturm

Gruppe 2 : Reischauer - Gailinger - Plach - Hauer

Da die bewilligten finanziellen Mittel sehr knapp bemessen waren und nur für Fahrtspesen und Lebenshaltung in Form von Selbstversorgung reichten, war das Privatgepäck der Teilnehmer sehr umfangreich. Die notwendige Alpinausrüstung wurde teilweise von der Wiener AV-Sektion Edelweiß geliehen, teilweise stammte sie aus Restbeständen der Saipalexpedition, wie z.B. ein Anorak des im Saipal verunglückten H. Reis.

Zu transportieren waren schließlich auch noch das aufwendige Vermarktungsmaterial und die notwendigen Kleininstrumente , so daß letztendlich recht ansehnliche Traglasten zustandekamen. Wie all das sowie die Meßaufgabe selbst unter den für heutige Begriffe schwierigen Begleitumstände bewältigt wurde, sei anhand der folgenden, aus mehreren Tagebüchern zusammengestellten Schilderung dokumentiert.

Das Unternehmen begann am Abend des 31. August 1955 mit der Abfahrt Richtung Lienz. Von dort brachte der Postautobus die gesamte Mannschaft (Bild 4) und - aufgrund massiver Überredungskünste - auch die umfangreiche Ausrüstung über Heiligenblut auf die Franz-Josefs-Höhe.

Die 1.5 km zur Ausgangsbasis Hofmannshütte wurden zu Fuß zurückgelegt, den Gepäcktransport übernahm die Glockner-Hochalpenstraße AG. mittels Kleinlastwagen (Bild 10). So konnte bereits um die Mittagszeit die Überprüfung der Ausrüstung und die Einquartierung beginnen. Der Rest des Tages wurde trotz unfreundlicher Witterung zur Untersuchung der vertikalen Einschmelzgeschwindigkeit der Instrumente verwendet.

Diese Versuchsreihe ergab

am Rand der Pasterze 6.9 mm/h,
gegen die Mitte hin 14.1 mm/h

scheinbare Höhenänderung. In beiden Fällen waren Stativfüße und Lattenuntersätze ungeschützt. Durch Bedeckung dieser Bauteile mit Schnee wurde der Einsinkeffekt verschwindend klein.

Am Morgen des 2.9., dem ersten vollen Arbeitstag, war das ganze Glocknermassiv in dichten Nebel gehüllt. Die Gruppe 1 topographierte die schon bei der Begehung vermarkten Höhenfestpunkte TH 4 (Hofmannshütte), TH 5 - TH 6 (Pasterzenrand) sowie TH 7 (Glocknerkeller) und setzte den Bolzen TH 8 am sog. Frühstückplatz (Einstieg ins Hofmannskees). Gleichzeitig wurde versucht, die für die trigonometrische Höhenüberprüfung notwendigen Netzentwicklungspunkte zu erkunden. Mangels direkter Sicht vom südwestlichen Pasterzenrand zum Gipfel mußte eine Diagonalfigur vorgesehen werden, von der zwei Punkte direkt am

Gletscher lagen, welche gleichzeitig und nur über Innenrichtungen zu bestimmen gewesen wären. Die Gesamtsituation dieses Projektes sowie der hochalpine Teil des Nivellementweges sind im Perspektivbild 2.1. dargestellt.

Nach Justierung der Geräte (Bild 11) begann die zweite Gruppe am südwestlichen Pasterzenrand (TH 6) mit dem Nivellement. Bei schönem Wetter wurde problemlos die Moräne am südwestlichen Rand überquert (Bild 7) und das große Schneefeld beim Einstieg in den Glocknerkeller erreicht. Hier wird das Gelände allmählich steiler (Bild 8) und geht schließlich in abschüssigen Fels über. Die Überwindung der ersten Steilstufe (Bild 14) vermittelt einen Vorgeschmack auf die kommenden Schwierigkeiten.

Aufgrund der günstigen Wettervorhersage wurde beschlossen, das Nivellement bis TH 8 (2800m) gemeinsam durchzumessen. Dr. Beyer, als Expeditionsleiter nur mehr " Sahib " genannt, übernahm mit seiner Gruppe den oberen Teil des Glocknerkellers (Bild 5), Reischauer den vom Vortag verbliebenen Rest im Mittelteil (Bild 9 und Bild 25). Bereits am frühen Nachmittag lag nach 130 Aufstellungen der Höhenunterschied zwischen TH 7 und TH 8 gemessen vor.

Vor dem nächsten Abschnitt, der Überquerung des Hofmannskees, wurde ein Rasttag eingeschoben (Bild 12) und unter anderen zum Besuch der Oberwalderhütte am Großen Burgstall genutzt. Beim Rückweg stellte sich Schlechtwetter ein und vermittelte das Erlebnis eines Alpingewitters aus nächster Nähe. Am Wasserfallwinkelkees ergab sich überdies ein Bergrettungsfall, weil ein älterer Alpinist im Nebel in eine Gletscherspalte gestürzt war.

Das Nivellement über das ziemlich steile Hofmannskees mit einem Höhenunterschied von etwa 315 m mußte in einem Zug erfolgen. Mittels zweier gleichzeitig entgegengesetzter Meßvorgänge sollte die zu erwartende Bewegung des Gletschers erfaßt und aus dem Mittel eliminiert werden. Um dies zu erreichen, begann der nächste Arbeitstag um 4.15 Uhr mit dem Anmarsch, Meßbeginn war 7 Uhr. Gruppe 2 nivellierte ausgehend von TH 8 bergauf, Gruppe 1 von einem Hilfspunkt in Höhe 3100 bergab. Nach 90 bzw. 98 Aufstellungen und einer reinen

Meßzeit von 9 bzw. 8 Stunden bei verhältnismäßig gutem Wetter war auch dieser Abschnitt bewältigt (Bilder 15,16,18,19). Aus den beiden Höhenunterschieden - 313.2150 m und 313.1286 m läßt sich durch Mittelbildung eine Fließbewegung von rund 40 mm (= 4.5 mm/h) abschätzen. Dieser Wert wurde mit dem Ergebnis einer separaten Versuchsmessung am Gletscherrand (3.5 mm/h) im wesentlichen bestätigt.

Der Höhenunterschied zur Ausgangsbasis betrug nun schon fast 1000 m, so daß am nächsten Tag die Übersiedlung auf die Erzherzog-Johann-Hütte auf der Adlersruhe (3454m) erfolgte. Verpflegung, Instrumente und Ausrüstung ergaben 25 kg pro Mann (Bild 13) und demzufolge sechs anstrengende Stunden Aufstieg. Leider brach Schlechtwetter ein und erzwang in den folgenden zwei Tagen Arbeitsruhe, weil heftige Schneestürme jeden Aufenthalt im Freien unmöglich machten.

Am Abend der Ankunft war die Hütte überbelegt: die Teilnehmer der alljährlichen Gipfelmesse und die Dölsacher Blasmusik konnten nicht mehr nach Kals absteigen. Überdies befanden sich nach Besteigung des Glocknergipfels der bekannte Sherpa Pasang Dawa Lama und seine Frau als Gäste Dr. Herbert Tichys auf der Hütte. Dementsprechend konnten die Vermessungsleute gerade noch die letzten Plätze im Lager unterm Dach ergattern. Das Erwachen am nächsten Morgen wurde durch recht heftige Worte ausgelöst. Die Dachluke war in der Nacht geöffnet worden - der "Missetäter" blieb unbekannt - und der darunter liegende erwachte schneebedeckt mit entsprechender verbaler Reaktion.

Auch andere, nicht ganz so lustige Umstände verkürzten die aufgezwungene Wartezeit. So war das morgendliche Zähneputzen mit Schnee recht unangenehm und sporadische Versuche, die Latrine zu benutzen, lösten allgemeine Aufmerksamkeit aus. Das Örtchen befand sich nämlich direkt über einer Wand, wo der herrschende Sturm das eigentlich sachgerechte Fallsystem hin und wieder in ein sachfremdes Steigsystem umfunktionierte.

Für alle Nichtinformierten ziemlich peinlich !

In der Nacht zum 9. September flaute der Sturm ab und der Morgen präsentierte sich in einer überwältigenden Stimmung. Im Tal lagerten mächtige Nebelbänke und stellenweise stiegen riesige

Wolkengebilde auf. Der Bereich des Gipfels war jedoch vollkommen klar und es herrschte eine unüberbietbare Fernsicht. Ohne zu zögern wurde die Arbeit wieder aufgenommen : die Gruppe 1 erkundete und vermarkte die Punkte TH 9 (Bild 6) und TH 11, die Gruppe 2 stieg zum oberen Rand des Hofmannsgletscher ab, um das Nivellement entlang des Salmgrates fortzusetzen. Leider wurde das Arbeitstempo sehr bald durch Ausfall von H. Plach empfindlich gehemmt. Schon seit einem Tag hatten sich bei ihm Symptome einer Mundhöhleninfektion gezeigt, die sich aufgrund der in größeren Höhen geringen körperlichen Abwehrkräfte schnell verstärkten. Das vorgesehene Tagespensum, die Messung bis zur Adlersruhe, konnte trotzdem mit Hilfe der Gruppe 1 erfüllt werden (Bild 17,22). Plach wurde am nächsten Tag unter Mobilisierung seiner letzten Kraftreserven von zwei Kameraden zur Franz-Josefs-Höhe gebracht, da auch die heimlich entwendeten schmerzstillenden Medikamente aus der Expeditionsapotheke nichts mehr nützten. In Heiligenblut wurde er mit großen Mengen Penicillin wiederhergestellt während seine Begleiter mit Proviant beladen wieder aufstiegen. An Arbeit war sowieso nicht zu denken , weil wieder Schlechtwetter herrschte: auf der Pasterze Regen, ab 3000 m Schnee. Beyer mußte einen Versuch, dennoch zu messen, bald wegen Vereisung der Optiken aufgeben. Eine geringfügige Wetterbesserung gegen Mittag des 11. Sept. ermutigte die restliche Mannschaft zu einem neuen Anlauf , und zwar nun in Richtung eines 235 m höher gelegenen Punktes am Ende des Glocknerleitls. Dieser Versuch gelang trotz 30 cm Neuschnee aufgrund sorgfältiger Vorbereitung der 69 notwendigen Standpunkte durch den Rest der Gruppe 2. Um 16.15 Uhr war der Punkt erreicht und damit die Voraussetzung für den Endspurt geschaffen. Nur noch 111 Höhenmeter bis zum Gipfel waren zu überwinden, allerdings die schwierigsten des ganzen Weges. Der 12. Sept. brachte herrliches Wetter. Nach einer Stunde Aufstieg (Bild 21) konnte das Nivellement beim zuletzt geschlagenen Haken fortgesetzt werden (Bild 30). Die vereisten Platten am Aufschwung zum Kleinglockner zwangen zu größter Vorsicht. Je zwei Mann der Meßpartie wurden durch

einen dritten gesichert. Nicht selten kam es wegen der übergreifenden Arbeitsweise der Lattenträger zu einem "Seil-salat", was "Sahib" Beyer zu wenig liebenswürdigen Kommentaren veranlaßte (Bild 27,28,29). Besonders der stark überwachtete Grat des Kleinglockners (Bild 26) zwang zu einer sehr besonnenen Vorgangsweise, da für die notwendigen Überholvorgänge eigentlich kein Platz vorhanden ist. Nach sechs anstrengenden Arbeitsstunden war der Gipfel des Kleinglockners trotzdem erreicht und das Ziel in fast greifbarer Nähe. Zehn Aufstellungen fehlten noch, aber für diese waren drei weitere Stunden nötig; eine davon allein für die Überwindung der Glocknerscharte. Das Wetter wurde zusehends schlechter, Kälte, Wind und schlechte Sicht verlangten letzten Einsatz, doch es glückte (Bild 1,2,3,31). Im Tagebuch steht: " Um 15.45 Uhr haben wir alle die Scharte überquert. Um 16.50 Uhr stehen wir hoch beglückt am Gipfel. Das Ziel ist erreicht ! Hinunter geht es dann schneller und um 18.30 Uhr sind wir wieder auf der Adlersruhe ".

Am Tag nach Erreichen des Gipfels erfolgte die Rückkehr auf die Hofmannshütte, wo inzwischen Prof.Hauer eingetroffen war. Ein Tag Schlechtwetter verschaffte der Gipfelpartie eine nicht eingeplante aber wohlverdiente Ruhepause und brachte 80 cm Neuschnee. Bei wieder schönem Wetter waren nun einerseits das Anschlußnivellement in Richtung Glocknerhaus , andererseits die Vorbereitung der trigonometrischen Meßarbeiten an der Reihe. Während die erstgenannte Aufgabe im " leichten " Gelände der Franz-Josefs-Höhe mühelos zu lösen war, unterband der immer noch starke Sturm die Durchmessung der Basis A - B (Abb. 2.1), indem er die Basislatte umwarf und damit unbrauchbar machte. Da die Richtungsmessung aufgrund der Schneelage ebenfalls schon fast unmöglich schien, wurden die Arbeiten abgebrochen und auf das nächste Jahr verschoben. Sie sollten allerdings erst 24 Jahre später wieder aufgenommen werden.....

Es waren noch die auf der Adlersruhe deponierten Geräte abzuholen, wozu eine Dreierseilschaft im ungespurten Schnee aufsteigen mußte. Der Abstieg mit den schweren Lasten war wegen der verdeckten Spalten einigermaßen ungemütlich. Bei

Rückkehr in dunkler Nacht konnte gerade noch die Alarmierung der Bergrettung verhindert werden. Auch das gleichzeitig ablaufende Doppelnivellement über die Pasterze war wegen der Neuschneeauflage sehr schwierig. Das Rücknivellement zum Glocknerhaus hingegen konnte bei gutem Wetter leicht durchgeführt werden. Inzwischen ging Prof. Hauer in Begleitung Beyers das erkundete trigonometrische Netz ab und bestieg bei dieser Gelegenheit den Großglockner (Bild 24).

Am 20. September erfolgte die Abreise aus dem Meßgebiet. Eine große, interessante aber zweifellos schwierige Arbeit lag hinter den Teilnehmern. In 82 Stunden reiner Meßzeit waren mit 900 Aufstellungen 24 Kilometer Nivellementweg und ein Höhenunterschied von fast 3000 m zurückgelegt worden. Der geliehene VW-Transporter mit sechs Mann und 400 kg Gepäck startet in Richtung Wien. Zwei Mann sind dazu verurteilt, per Autostopp nach Hause zu gelangen. Die Unternehmung endet ebenso bescheiden wie sie begann.

2.2 Auswertung

Der gesamte Nivellementweg ist in Abb. 2.1 skizziert. Wie aus diesem und der Ergebnistabelle zu entnehmen ist, wurden nur drei Linien doppelt gemessen, und zwar jene, die zwischen dem Glocknerhaus und dem Bolzen TH 3 am Gamsgrubenweg liegen. Von den übrigen sind nur die beiden Gletscherquerungen (Pasterze, Hofmannskees) hin und zurück nivelliert; diese Doppelmessungen dienen jedoch nicht der Genauigkeitssteigerung oder Fehlerkontrolle, sondern sollen die gleichzeitige Erfassung von Höhenunterschied und Gletscherverlagerung während der Meßzeit aufgrund der nachfolgend wiedergegebenen Überlegungen ermöglichen.

Auf dem Gletscher ist die Höhe eines Punktes eine Funktion der Zeit. Mangels anderer Möglichkeiten sei angenommen, daß diese Funktion zufolge

$$H = H_0 - kt$$

linear ist. Sind nun Beginn und Ende einer Nivellementlinie Bolzen im festen Fels des Gletscherrandes, dann gilt für die erste und letzte Aufstellung des Instrumentes, daß nur dessen Höhenänderung und die Änderung einer Latte als Fehler in die Beobachtung eingehen, während für alle anderen Standpunkte Instrument und beide Latten mit dem Gletscher tiefergleiten. Bezeichnet l_i' die Rückablesung und l_i'' die Vorablesung im Standpunkt P_i und t_i' bzw. t_i'' die entsprechenden Zeitpunkte, dann gilt zufolge Abb. 2.2

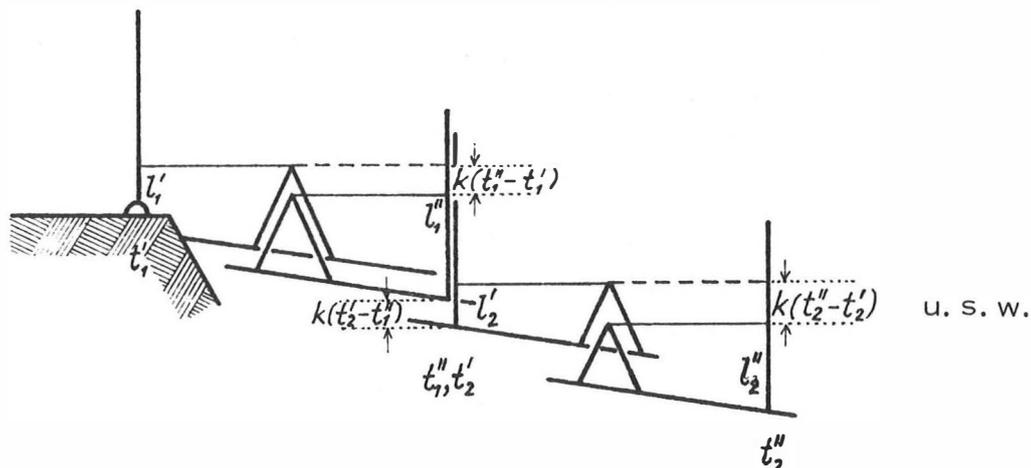


Abb. 2.2

Standpunkt	Rückblick	Vorblick	Rück-Vor
1	l_1'	$l_1'' + k(t_1'' - t_1')$	$l_1' - l_1'' \quad -k(t_1'' - t_1')$
i	$l_i' - k(t_i' - t_{i-1}')$	$l_i'' + k(t_i'' - t_i')$	$l_i' - l_i'' - k(t_i' - t_{i-1}') - k(t_i'' - t_i')$
n	$l_n' - k(t_n' - t_{n-1}')$	$l_n'' + k(t_n'' - t_n')$	$l_n' - l_n'' - k(t_n' - t_{n-1}') - k(t_n'' - t_n')$

$$\Delta H = \sum (l' - l'') - k(t_n'' - t_1')$$

und für Hin- und Rückmessung mit $\Delta t = t_n'' - t_1'$

$$\Delta H = \sum (l' - l'')_{hi} - k\Delta t_{hi}$$

$$-\Delta H = \sum (l' - l'')_{r\ddot{u}} - k\Delta t_{r\ddot{u}}$$

Die beiden Unbekannten ergeben sich hieraus mit

$$k = \frac{\sum (l' - l'')_{hi} + \sum (l' - l'')_{r\ddot{u}}}{\Delta t_{hi} + \Delta t_{r\ddot{u}}} \quad \text{und} \quad \Delta H = \frac{-\Delta t_{hi} \sum (l' - l'')_{r\ddot{u}} + \Delta t_{r\ddot{u}} \sum (l' - l'')_{hi}}{\Delta t_{hi} + \Delta t_{r\ddot{u}}}$$

k ist die Vertikalkomponente einer aktuellen mittleren Fließgeschwindigkeit, welche bei bekanntem Höhenunterschied zwischen Bolzen an den Gletscherrändern aus einem einfachen Verbindungsnivellement ohne besonderer Signalisierung auf dem Gletscher ermittelt werden könnte. Während man aber zum Zwecke der Geschwindigkeitsmessung die Meßlinie am Gletscher maximieren wird, mußten im vorliegenden Fall die Gletscher möglichst schnell überquert werden. Aus diesem Grunde wurde die Pasterze nicht, wie zufolge Abb. 1.3 geplant, direkt von der Franz-Josefs-Höhe aus begangen, sondern ziemlich genau im Profil der Hofmannshütte (Abb. 2.1). Als angenehmer Nebeneffekt ergab sich dabei, daß der zu überwindende Gesamthöhenunterschied weges des kürzeren Abstieges zur Pasterze auf diesem Wege geringer war. Am Hofmannskees besteht aufgrund seiner Steilheit und der Spaltensysteme keine große Wegauswahl, so daß die Meßlinie weitgehend der üblichen Aufstiegsroute folgt, aber bei erster Gelegenheit (Teil 9, unteres Ende des Salmgrates) wieder in festen Fels führt.

Die numerische Auswertung der beiden Gletscherlinien ergibt:

	Pasterze	Hofmannskees
k	1.68 mm/h	5.28 mm/h
H	74.84412	313.1709

GROSSGLOCKNERNIVELLEMENT 1955

GROSSGLOCKNERNIVELLEMENT 1955

Nivellementlinie	Datum	Messungszeit	Wetterlage	Anzahl der Aufstell.	Weglänge (m)	Diff. der Visurlängen (m)	aus Mikrometerabl. (m)	aus Dreifadenabl. (m)	Gebiet
HB 17639 - TH 1	15. 9.1955	11h15 - 13h25	wechs.bew., windig	40	1659,4	+ 155,4	+ 112,11885	+ 112,11965	Kehre
TH 1 - HB 17639	19. 9.1955	10h05 - 12h18	sonnig, windstill	38	1667,4	- 225,9	- 112,11170	- 112,11365	
TH 1 - TH 2	15. 9.1955	14h00 - 15h40	wechs.bew., windig	36	1124,0	+ 152,6	+ 116,17710	+ 116,17600	Fr.-Jos.-Höhe
TH 2 - 850	18. 9.1955	15h18 - 15h57	sonnig, windstill	10	333,7	- 37,7	- 31,62455	- 31,62515	
850 - TH 1	19. 9.1955	8h15 - 9h53	sonnig, windstill	25	784,1	- 118,6	- 84,54520	- 84,54985	
TH 2 - 405	15. 9.1955	16h00 - 16h45	wechs.bew., windig	9	610,0	- 32,6	+ 6,58205	+ 6,58160	
405 - TH 3	16. 9.1955	9h20 - 10h50	sonnig, windig	18	879,1	+ 72,2	+ 34,30393	+ 34,30510	Gamsgrubenweg
TH 3 - 831	18. 9.1955	10h15 - 13h45	sonnig, windstill	16	862,8	- 49,5	- 34,49900	- 34,49885	
831 - TH 2	18. 9.1955	14h30 - 15h15	sonnig, windstill	9	604,0	- 5,3	- 6,38470	- 6,38365	
TH 3 - A	16. 9.1955	10h55 - 12h00	sonnig, windig	17	465,0	+ 44,0	+ 53,47785	+ 53,47735	
A - TH 3	18. 9.1955	10h15 - 11h50	sonnig, windstill	15	465,9	- 78,2	- 53,47410	- 53,47415	
A - I	16. 9.1955	13h50 - 14h15	sonnig, windig	5	146,4	+ 36,1	+ 15,98670	+ 15,98665	
I - TH 4	16. 9.1955	14h15 - 14h45	sonnig, windig	9	208,4	- 22,2	- 28,05400	- 28,05365	Hofmannshütte
TH 4 - TH 5	16. 9.1955	15h00 - 17h20	sonnig, windig	41	911,1	- 177,7	- 140,50560	- 140,50700	Past. NO-Rand
TH 5 - TH 6	17. 9.1955	8h45 - 11h45	sonnig, windig	44	1661,4	+ 129,1	+ 74,84915	+ 74,84800	Past. SW-Rand
TH 6 - TH 5	17. 9.1955	12h45 - 15h22	sonnig, windig	42	1607,4	- 6,7	- 74,83975	- 74,83835	Past. NO-Rand
TH 6 - TH 7	2. 9.1955	11h05 - 15h05	sonnig, warm	31	779,4	- 28,2	+ 88,35540	+ 88,35500	
TH 7 - 38	2. 9.1955	15h55 - 16h35	sonnig, warm	8	80,3	- 9,8	+ 26,90380	+ 26,90300	
38 - 81 (=500)	3. 9.1955	8h40 - 13h30	heiter, warm	43	727,6	+ 4,4	+ 148,22155	+ 148,22135	
500 - TH 8	3. 9.1955	10h50 - 15h27	heiter, warm	44	1107,3	+ 16,0	+ 147,85135	+ 147,85085	Frühstückspl.
TH 8 - 547	3. 9.1955	15h48 - 16h20	heiter, warm	4	56,1	+ 3,4	+ 13,39070	+ 13,39015	
547 - 548 (=171)	5. 9.1955	6h55 - 16h13	schön, warm	90	1916,1	+ 70,0	+ 313,21995	+ 313,22000	Hofmannskees
548 - 547	5. 9.1955	7h45 - 15h48	schön, warm	98	2236,4	- 153,7	- 313,12865	- 313,12765	Hofmannskees
171 - TH 9A	9. 9.1955	8h18 - 8h54		7	154,1	+ 21,0	+ 22,95075	+ 22,95050	
TH 9A - TH 9	9. 9.1955	9h10 - 10h20		8	87,5	- 1,7	+ 23,43440	+ 23,43435	Salmgrat
TH 9 - 697 (=217)	9. 9.1955	10h59 - 15h40	Schneetreiben	32	572,4	+ 17,4	+ 114,06215	+ 114,06000	
TH 9B - 217	9. 9.1955	14h48 - 15h43	neblig, warm	15	267,6	+ 2,7	- 50,62105	- 50,62000	
TH 11 - TH 9B	9. 9.1955	12h00 - 14h23	neblig, warm	35	567,9	- 50,0	- 119,82215	- 119,81997	
KT AR (=646) - TH 11	9. 9.1955	14h23 - 14h27		1	13,7	+ 2,5	- 3,03240	- 3,03288	Adlersruhe KT
646 - 287	11. 9.1955	11h41 - 16h45	Nebel	70	880,4	+ 77,2	+ 235,54555	+ 235,54615	
287 - Pf 66 (=320)	12. 9.1955	8h09 - 16h50	ob.:schön, unt.:neblig	33	315,5	- 22,8	+ 111,30935	+ 111,30865	Großglockner
Summe	11 d	3 d 9 h 46 m		893	23752,4		2711,5		

Tab. 2.1

TABELLE DER HÖHEN UND HÖHENUNTERSCHIEDE

Punkt	PRÄZISIONSNIVELLEMENT			DREIFADENNIVELLEMENT	
	H (m)	Δ H (m)	Weg (m)	H (m)	Δ H (m)
HB 17639	2134,08270			2134,08270	
		+ 112,11528	1664,4		+ 112,11665
TH 1	2246,19798			2246,19935	
		+ 116,17343	1120,0		+ 116,17550
TH 2	2362,37141			2362,37485	
		+ 40,88484	1478,3		+ 40,88670
TH 3	2403,25625			2403,26155	
		+ 41,40868	820,3		+ 41,40875
TH 4	2444,66493			2444,67030	
		- 140,50560	911,1		- 140,50700
TH 5	2304,15933			2304,16330	
		+ 74,84411	1633,4		+ 74,84283
TH 6	2379,00344			2379,00613	
		+ 88,35540	779,4		+ 88,35500
TH 7	2467,35884			2467,36113	
		+ 322,97670	1915,2		+ 322,97520
TH 8	2790,33554			2790,33633	
		+ 372,94672	2374,0		+ 372,94536
TH 9	3163,28226			3163,28169	
		+ 284,50535	1407,9		+ 284,49997
TH 11	3447,78761			3447,78166	
		+ 3,03240	13,7		+ 3,03288
KT AR	3450,82001			3450,81454	
		+ 346,85490	1195,9		+ 346,85480
Pf GG	3797,67491			3797,66934	

Summe		+1663,59221	15313,6		+1663,58664

Tab. 2. 2

Die Fließgeschwindigkeiten erscheinen etwas hoch; sie dürften aufgrund der Jahreszeit (Anfang September) Maximalwerte sein.

Zur Kontrolle der nur einfach gemessenen Linien hinsichtlich grober Fehler wurde entsprechend der Vorstudie bei senkrecht gestellter Planplatte ein normales Dreifadennivellement mitgemessen, dessen Werte in der Ergebnistabelle (Tab. 2.1) ebenfalls festgehalten sind. Wie ersichtlich, sind die Differenzen zwischen beiden Verfahren gering und die Absicherung gegen grobe Fehler ist sicher gegeben. Tab. 2.2 gibt die durch Aufsummierung der nivellierten Höhenunterschiede berechneten Höhenkoten wieder, welche mangels entsprechender Schweremessungen nur Rohhöhen sind. Der Widerspruch zwischen Dreifadenmessung und Mikrometermessung beträgt trotz 15 km Meßweg nur 5.6 mm, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Ergebnisse laufend mitgerechnet und bei größeren Widersprüchen in einem Standpunkt sofort Kontrollmessungen durchgeführt wurden. Eine Maßnahme, die angesichts des extremen Geländes toleriert werden muß. Ein Vergleich der Rohhöhe des Triangulierungspfeilers auf dem Großglockner mit der aus trigonometrischen Höhenmessungen stammenden Kote ergibt:

Höhe Pfeileroberfläche lt. Punktkarte	3798.03
Rohhöhe aus Glocknernivellement 1955	3797.6749

und deutet darauf hin, daß ein orthometrisch korrigiertes Nivellement bezogen auf das Höhensystem der Glocknerhochalpenstraße eine um etwa 0.4 m geringere Höhe des Großglocknergipfels liefern dürfte. Ohne lokalen Schwerewerten kann selbstverständlich keine präzisere Aussage getroffen werden und es wird eine weitere Aufgabe sein, in diesem schwierigen Gelände zu gravimetrieren. Vordringlicher erschien allerdings eine trigonometrische Überprüfung der nivellierten Höhenunterschiede. Da diese im Jahr 1955 nicht gelungen war und später unterblieb, lag hier die Zielsetzung für das Jahr 1979.

3. Trigonometrische Höhenmessung

3.1 Planung und Erkundung

Das optimale Verfahren zur Überprüfung nivellitischer Höhenunterschiede im Hochgebirge ist die Kombination schräger, lichtelektrisch gemessener Strecken und möglichst gleichzeitig gemessener Zenitdistanzen [F. K. BRUNNER, 1974]. Für die zu erwartenden Reichweiten war am Institut nur ein etwa zehn Jahre altes AGA-Geodimeter 6 D samt Generator vorhanden, dessen Transport im Hochgebirge nur schwer möglich ist. Es war daher ein Standpunkt zu suchen, von dem der gesamte bergseitige Nivellementweg einsehbar ist, der leicht zu erreichen ist und der ohne großen Aufwand an das alte Nivellement angeschlossen werden konnte. Neben der Klärung dieser Frage war zu überprüfen, welche der immerhin 24 Jahre alten Höhenbolzen noch vorhanden waren.

Die Erkundung erfolgte im Juli 1979 unter Teilnahme der Institutsangehörigen Brandstätter, Schrutka-Rechtenstamm, Truttmann und Wagensommerer. Dabei mußte leider festgestellt werden, daß durch Baumaßnahmen und Gesteinsverlagerungen die Bolzen TH 3, 4 und 5 zerstört waren. Die Begehung des glocknerseitigen Linienteiles zeigte, daß die Punkte TH 6, 8, 9 und 11 erhalten geblieben waren; aufgrund einer Inspektion des Gipfels waren Vorkehrungen für eine Sanierung des Pfeilerzentrums zu treffen.

Kurioserweise erschien zur selben Zeit in der "Neuen Kronen Zeitung" ein Artikel mit dem Titel "Wer ist der höchste im ganzen Land?" (siehe Facsimilewiedergabe), der sich mit der Frage auseinandersetzt, ob der Großglockner oder die Wildspitze in den Ötztaler Alpen der höchste Gipfel Österreichs ist. Dieser Artikel wäre nicht weiter erwähnenswert, wenn daraus nicht hervorginge, mit welcher unglaublicher Leichtfertigkeit von Laien über die oft unter großen Strapazen erbrachten Meßergebnisse bestausgebildeter Fachleute geurteilt wird. Es ist offenbar dringend notwendig, das Meinungsbild des Geodäten in der Öffentlichkeit durchgreifend zu verbessern.

Aus den Erkundungsergebnissen und der instrumentellen Ausstattung folgte die im ÖK-Ausschnitt 1:50000 festgehaltene Meßdisposition. Das ideale Meßdreieck über den Hohen Burgstall wurde



Hohe Tauern Standpunkte

Großglockner

Erz-Johann Hitt

Gletscherbahn Franz-Josefs-Hitt

Nachdruck und Vervielfältigung jeder Art, auch einzelner Teile, sowie die Anfertigung von Vergrößerungen und Verkleinerungen, auf Grund des Urheberrechtsgesetzes nur mit Bewilligung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme), Wien

Druck: Bundesamt für Eich- u. Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien



Bild 32

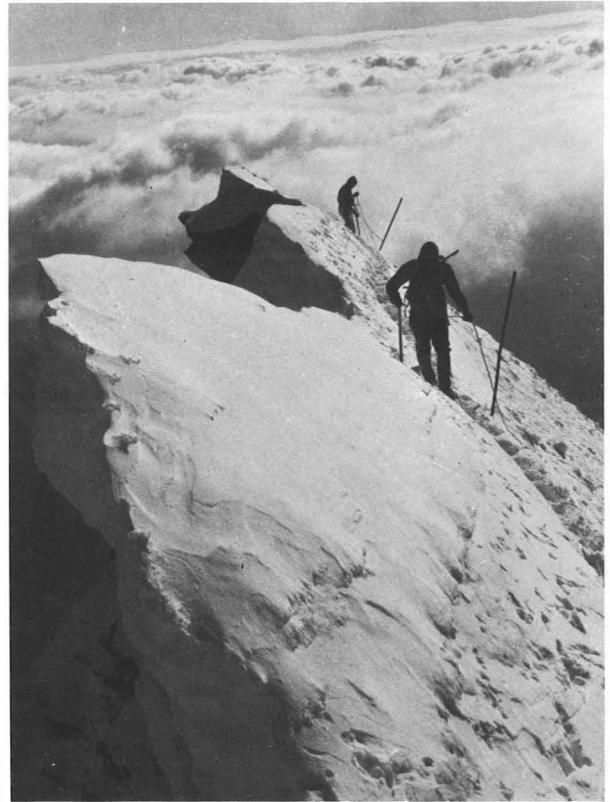


Bild 33

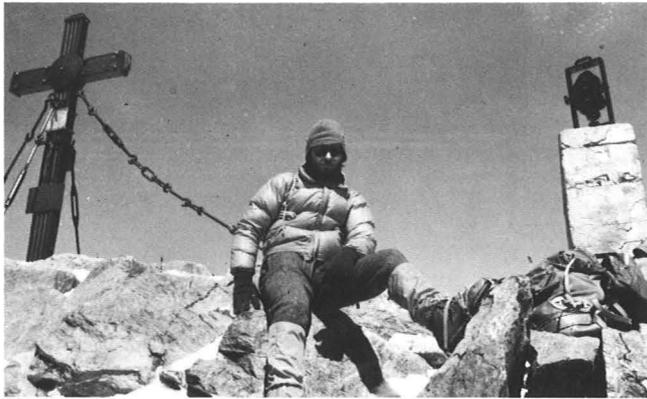


Bild 34

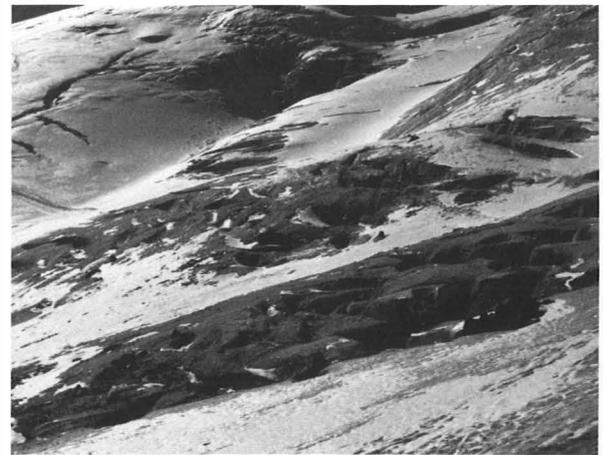


Bild 35



Bild 36



Bild 37

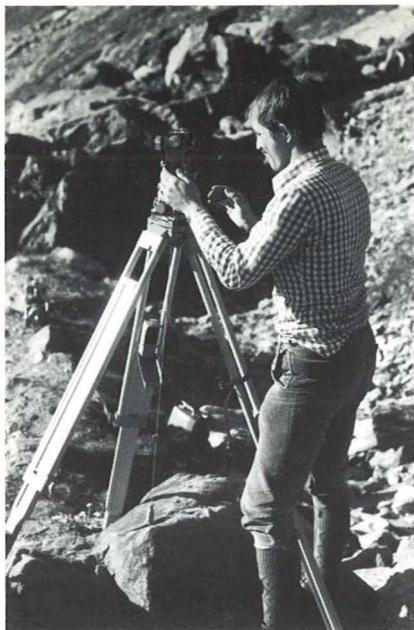


Bild 38



Bild 39

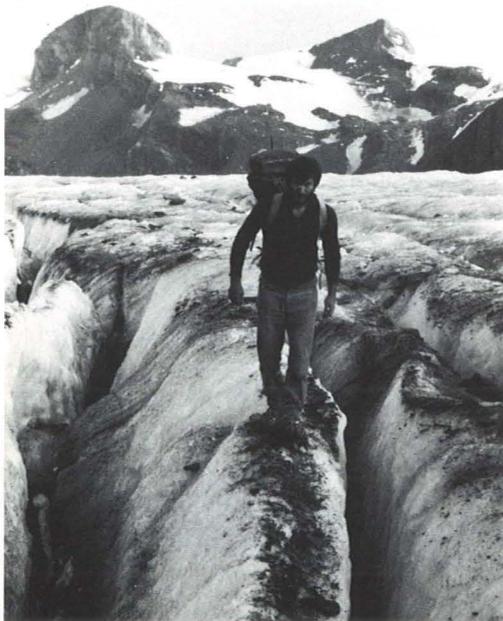


Bild 40

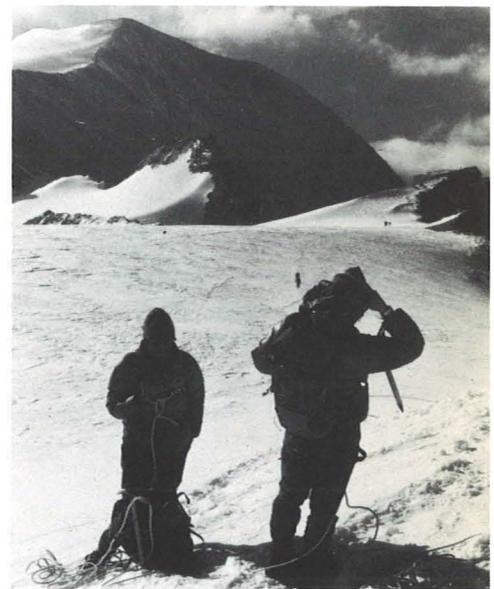


Bild 41

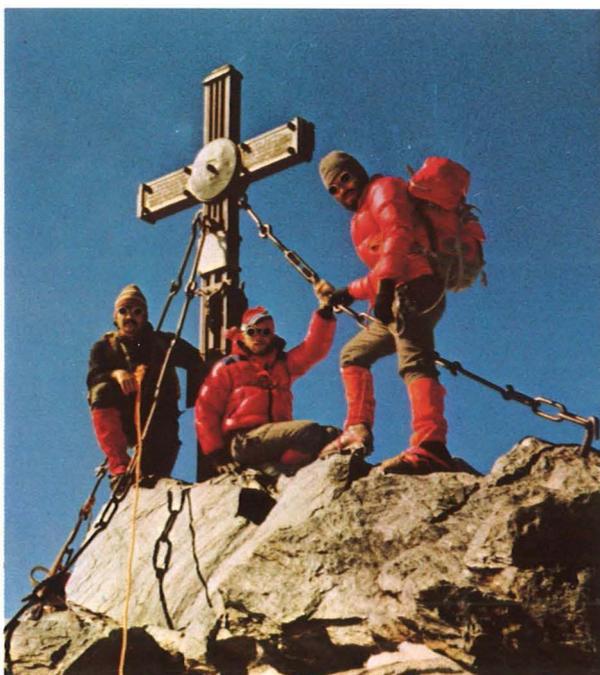


Bild 42

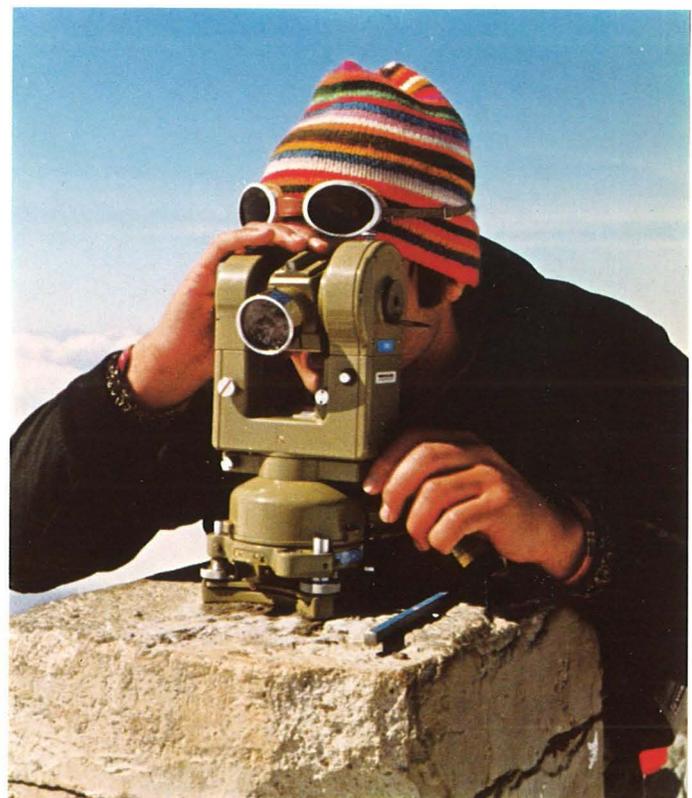


Bild 43



Bild 44

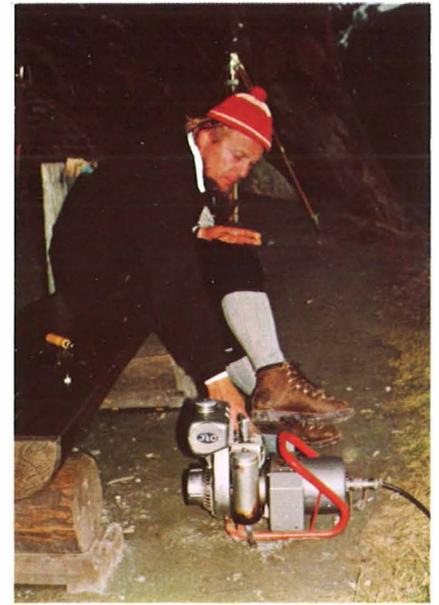


Bild 45



Bild 46

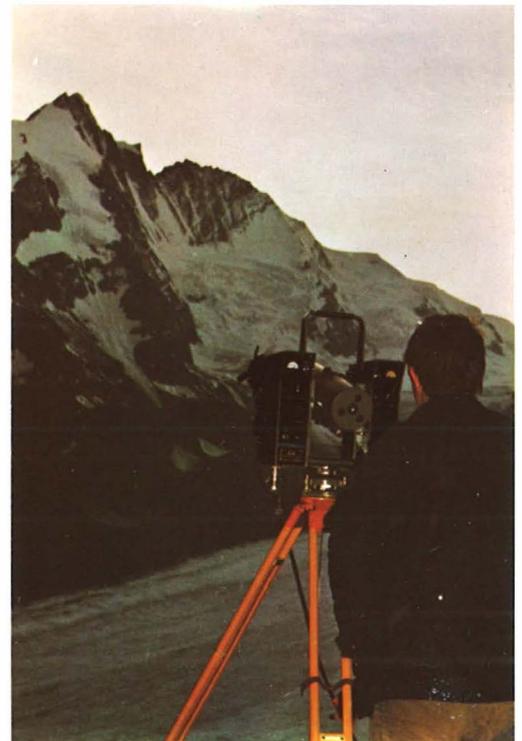


Bild 48



Bild 47



Bild 49

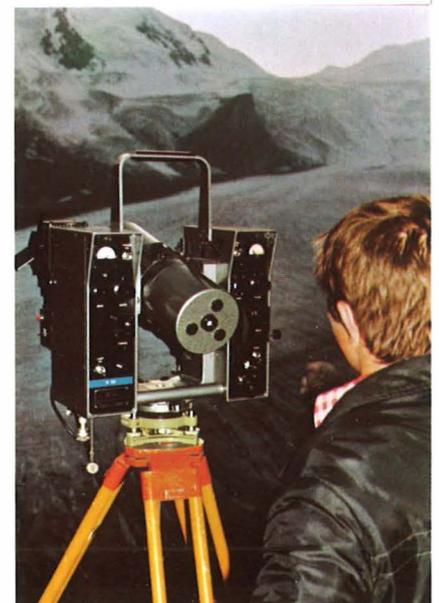


Bild 50

Wer ist der höchste im ganzen Land?

Streit zwischen Kärnten und Tirol um Österreichs höchsten Gipfel. Ist der Glockner niedriger als die Wildspitze im schönen Ötztal? Neue Vermessung ergab: Fast alle Höhenangaben in Atlanten falsch!

Schon seit langem schwelt zwischen Kärnten und Tirol der Konflikt, wer den höchsten Berg von Österreich besitze. In Bergsteigerkreisen wird eifrig das Gerücht kolportiert, nicht der Glockner, sondern die Wildspitze im Ötztal sei der höchste Gipfel. In Heiligenblut wirft man den Tirolern vor, nur aus Werbegründen das Gerücht ausgestreut zu haben, und droht mit Rufstörungsklage. In Sölden fordert man wieder die Kärntner auf, doch das Prestigedenken aufzugeben und der Wahrheit zum Durchbruch zu verhelfen. In den meisten Schulatlanten ist jedenfalls der Großglockner mit 3797 und die Wildspitze mit 3774 Metern Höhe eingezeichnet. Das „Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen“ in Wien beurteilt die eine Angabe als höchst umstritten und die andere als falsch.

Der Bürgermeister von Heiligenblut, Ernst Pichler, schmunzelt nur über „das Wunschdenken der Tiroler“, daß ihr Berg höher sei. „Das Gerücht entbehrt garantiert jeder Grundlage und wurde sicher nur aus falschem Lokalpatriotismus aufgebracht.“ Der Verkehrsamtsleiter der Glocknerortschaft, Raimund Granögger, spricht von einem leicht durchschaubaren Werbegag der Tiroler. „Eigentlich müßt ma ja auf Rufstörung klagen, aber solange das Geschäft gut geht, laßt ma sich viel gefallen.“ Der Heiligenbluter Bergführer Friedl Fleißner erinnert sich, die Wildspitze sei 1959 fälschlich als höchster Berg ausgemessen worden. „Der Irrtum klärte sich bald auf, aber die Tiroler fanden sich damit nicht ab, weil sie immer das Höchste und Beste haben wollen.“

Schon 1927 gelirrt

„Die Vermesser haben sich tatsächlich gelirrt, aber schon 1927 und zu unseren Ungunsten“, ätzt der Söldner Alpinschulchef Martin Gstrein. „Doch weder wollen deren Kollegen den Fehler aufdecken noch die Kärntner auf das Prestige verzichten, den höchsten Berg zu besitzen.“ Der Verkehrsamtsleiter von Vent am Fuße der Wildspitze, Alois Bierbaumer, untermauert Tirols Ansprüche mit dem Hinweis: „Gletschervermesser von Innsbrucker und Münchner Instituten ha-

Von Dieter Kindermann

Der mir wiederholt versichert, die Wildspitze sei höher als der Glockner.“ Der Söldner Bergführer Willi Schöpf vermutet, daß die Wahrheit nie herauskommen wird, weil zu viel Geld auf dem Spiel steht. Und der Söldner Bürgermeister Hubert Scheiber meint zweideutig: „Der Schnee wird bei uns schon höher liegen als auf dem Glockner...“

Dipl.-Ing. Eduard Rabenstein vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen kennt den Streit um den höchsten Berg Österreichs. Er hat selbst, als er vor Jahren im Ötztal Vermessungen durchführte, gehört, daß der Glockner kleiner sein soll. „Oft geht es bei solchen Behauptungen um Geschäftsinszenen, jeder will den höheren Berg, zumindest einen Dreitausender, haben. Das klassische Beispiel dafür ist der Dachstein, der 2996 Meter mißt, aber auf Postkarten mit 3004 Metern aufscheint. Solche Gerüchte werden noch durch Landkarten genährt, deren Höhenangaben auf altväterischen, barometrischen Messungen beruhen. Dabei weisen diese Messungen, je nachdem, ob Hoch- oder Tiefdruck herrschte, Schwankungen zwischen 24 bis 30 Metern auf.“

Bis zu 15 cm genau

Wenn schon zum Schiedsrichter im Gipfelstreit berufen, wollte sich Dipl.-Ing. Eduard Rabenstein nur auf modernste Messungen stützen. Er nahm dabei neueste staatliche Landkarten (Maßstab: 1:50.000) mit trigonometrischen Höhenmessungen zu Hilfe. Diese Messungen, die mit einem Theodoliten durchgeführt werden, sind im Gegensatz zu barometrischen Messungen bis zu 15 Zentimeter genau. Das Ergebnis, zu dem Dipl.-Ing. Eduard Rabenstein mit Unterstützung des Punkt-katasters (Abteilung Triangolie) kam, ist aus zwei Gründen verblüffend: Erstens, weil das Gerücht, der Glockner sei kleiner als die Wildspitze, nicht nur nicht stimmt, sondern der Höhenunterschied größer als bisher angenommen ist. Zweitens, weil sich die Höhenangaben der meisten Landkarten, Schulatlanten, Bergbücher und Prospekte (bis auf die von Heiligenblut) als falsch erwiesen haben.

Unterschied ist größer

● Der Großglockner ist nicht, wie so oft behauptet, 3797 Meter, sondern 3798 Meter hoch. Die Differenz von einem Meter führt Dipl.-Ing. Eduard Rabenstein auf Auffassungsunterschiede zwischen den Vermessern zurück. Die einen nehmen den Fuß des Gipfelkreuzes als höchsten Punkt an, die anderen wiederum eine Steinerhebung.

● Die Wildspitze ist nicht, wie fast auf allen Landkarten eingezeichnet, 3774 Meter, sondern „nur“ 3768 Meter hoch. Damit vergrößert sich der bisher angenommene Höhenunterschied zum Großglockner von 23 auf 30 Meter. Dadurch wird aber auch das Gerücht, die Wildspitze sei der höchste Berg Österreichs, endgültig ad absurdum geführt.

● Die Wildspitze ist mit ihren 3768 Metern nicht einmal der zweit-, sondern „nur“ der dritthöchste Gipfel unseres Landes. Denn der Kleine Glockner ist mit 3770 Metern Höhe um knappe zwei Meter höher. Trotzdem gilt die Wildspitze weiter als zweithöchster Berg Österreichs, weil der Kleine Glockner „nur“ als Gipfel und nicht als Berg gewertet wird.

Schönheit entscheidet

Das Urteil im Gipfelstreit wird so manche Tiroler enttäuschen, aber sie sollten sich mit den Worten der Bürgermeister von Heiligenblut und Sölden trösten: Sie erklärten nach einigen boshaften Seitenhieben: „Nicht die Höhe des Berges, sondern die Schönheit der Felsgiganten ist entscheidend.“ Tatsächlich sind sowohl der Großglockner als auch die Wildspitze Naturdenkmäler von atemberaubender, wildromantischer Schönheit. Vielleicht werden viele Bergsteiger durch den – jetzt hoffentlich beigelegten – Streit angeregt, beide Gipfel zu besteigen, um sie miteinander vergleichen zu können. Aber, bitte, Ungeübte nur mit guter Kondition, guter Ausrüstung und am Seil eines wirklich erfahrenen Bergführers. Denn so faszinierend die schneebedeckten Bergkuppen auch sein mögen, so bergen sie doch tödliche Gefahren in sich.

möglich, weil der Hüttenwirt der Oberwalderhütte seinen Motorschlitten für den Gerätetransport zugesagt hatte. Der tiefste Standpunkt am Gamsgrubenweg (Tunnelnordseite, Punktbezeichnung THN) erfüllt alle zuvor erwähnten Anforderungen und ermöglichte folgenden, auf dreieinhalb Tage komprimierten Arbeitsablauf:

1. Tag : Aufstieg einer Dreierseilschaft zur Adlersruhe mit großen Traglasten, weil Güterseilbahn zur Adlersruhe außer Betrieb; zugleich Messung der "Basis" THN-Burgstall (Geodimeter am Burgstall).
2. Tag : Aufstieg der Dreierseilschaft zum Gipfel, Messung Burgstall-Großglockner, Stellungswechsel des Geodimeters, Messung Tunnel-Großglockner, Abstieg zur Adlersruhe, Messung Tunnel-Adlersruhe.
3. Tag : Abstieg der Dreierseilschaft, unterwegs Messungen THN - TH 9, THN - TH 8 und THN - TH 6. Außerdem Neubestimmung eines Punktes bei der Hofmannshütte (Festpunkt der Gletschermessung).
4. Tag : Nivellitischer Anschluß des Punktes THN an den Bolzen TH 2 Franz-Josefs-Höhe.

Aus Kostengründen durfte maximal eine Woche benötigt werden, weshalb als Arbeitszeitraum wegen der um diese Zeit höchstmöglichen Wetterstabilität die erste Septemberwoche vorgesehen wurde.

Hinsichtlich der übrigen instrumentellen Ausrüstung ergab sich aus der vorhandenen Institutsausstattung:

drei Theodolite WILD T 2 - also leider ein relativ schweres Gerät für die Gipfelgruppe - samt Stativen, eines davon in leichter Ausführung für die Bergpunkte;
zwei Triangulationsscheinwerfer ZEISS mit WILD - Adapter und Batterien zum WILD DI 10;
ein schockfarbiges Stangensignal nach POLLAND für den Punkt THN; ein Dreizehnerreflektor und zwei Sechserreflektoren in Spezialanfertigung der Firma ROST, Wien;
drei Sätze barometrischer Höhenmesser (THOMMEN) und Aspirationshygrometer (ASSMANN);
ein ZEISS Ni 2 mit Planplattenmikrometer und Halbzentimeter -
latten; Zentriervorrichtung und Schnellzement für den Triangulationspfeiler Großglockner;

vier Funksprechgeräte und übliches Zubehörmaterial.
Die Gewichtsabschätzung für die Gipfelgruppe ergab folgende Bilanz:

T 2 in Bombe + Stativ	13.2	kg
Dreizehner- und Sechserreflektor	10.5	kg
Triangulationsscheinwerfer	3.9	kg
zwei DI-10-Batterien + 10 4.5 V-Batterien	7.4	kg
Barometer, Thermometer, Zentrierung , Kleinmaterial	2.0	kg
zwei Funkgeräte	4.0	kg
Rucksäcke, Seile, Steigeisen, Pickel	19.0	kg
	<hr/>	
	60.0	kg

Es war also jedes Mitglied dieser Seilschaft (Fabiankowitsch-Schrutka-Truttmann) a priori mit 20 kg belastet.

3.2 Arbeitsbericht.

Beginn der Unternehmung am 2. September; Abfahrt des VW - Bus in Wien um 14 Uhr, Ankunft am Glocknerhaus um 22 Uhr. Um 4.30 Uhr des 3. September wird die Gipfelgruppe zur Franz-Josefs-Höhe gebracht und beginnt den Aufstieg über Pasterze (Bild 40) und Hofmannskees. Der Gletscher war hartgefroren und verlangte Steigeisen. Die Traglasten betragen ca. 25 kg pro Mann. Um 7 Uhr beginnt die Basisgruppe mit dem Transport des Gerätes zum Wasserfallwinkel, von wo die Weiterbeförderung mittels Motorschlitten erfolgt (Bild 47). Plach und Wunderlich steigen hinterher und sind um 10 Uhr meßbereit. Mittlerweile hatte die Gipfelgruppe den Bolzen TH 8 passiert und befand sich im Aufstieg über das Hofmannskees (Bild 35) während THN bereits mit Spiegel und Theodolit besetzt ist. Die Streckenmessung Burgstall - THN (Bild 49) gelingt ohne Schwierigkeiten, ebenso die Messung der Zenitdistanzen. Am Hofmannskees zieht allerdings Nebel auf und unterbindet weiteren Sichtkontakt, auch der Funkkontakt reißt ab und aufgrund des einsetzenden Regenwetters stellt sich leichte Besorgnis ein. Erst um 17 Uhr gelingt anhand des zweiten, glücklicherweise funktionierenden Funkgerätes die Wiederaufnahme der Sprechverbindung. Truttmann hatte um 13 Uhr

die Adlersruhe erreicht und war nach kurzer Rast zwecks Entlastung seiner zurückgefallenen Kameraden wieder abgestiegen. Sie trafen sich oberhalb des Salmgrates und erreichten um ca. 14 Uhr erschöpft aber wohlbehalten die Hütte. Das Wetter war inzwischen sehr schlecht geworden und gab Anlaß zu allgemeinem Pessimismus.

Der 4. September fiel wegen Nebel und Schneefall aus und verschaffte der Gipfelgruppe Erholung von den doch ungewohnten Strapazen. Der von Wunderlich entworfene Netzplan geriet ins Wanken, aber der nächste Tag brachte wolkenloses Wetter und um 6.30 Uhr stieg die Gipfelgruppe über das Glocknerleitl (Bild 41) und den Kleinglockner (Bild 33) zum Gipfel (Bild 42). Unterwegs wurden einige früher aufgebrochene Seilschaften über- sowie eine eingeholt, welche speziell in der Glocknerscharte das Tempo bremste. Nach Einbringung der Zentrierschraube im Pfeilerzentrum wird sofort der Reflektor aufgestellt (Bild 34, Bild 36 mit Wiesbachhorn) und ab 10.30 Uhr läuft die Distanzmessung Burgstall - Großglockner; auf beiden Punkten unter beträchtlichem Aufsehen bei den Touristen. Zwischen 11 Uhr und 12 Uhr folgt die gegenseitige Zenitdistanzmessung (Bild 43) und sodann mit Hilfe des Motorschlittens der Stellungswechsel des Geodimeters zum THN binnen 45 Minuten. Zuerst Zenitdistanzmessung (Bild 39: Pfeiler mit Blick nach SO Bild 38 : THN), dann Entfernung (Bild 46) und um 15 Uhr kann die Gipfelgruppe ihren Standpunkt verlassen. Nach Ankunft auf der Adlersruhe Stabilisierung eines Exzenters zu KT Adlersruhe sowie Nivellierbolzen TH 11, dann Zenitdistanzmessung und zuletzt, bei anbrechender Dunkelheit, Distanzmessung (Bild 45, 48,50). Ende des Arbeitstages 19.15 Uhr.

Das blendende Wetter hält an. Für den 6. September ist nun der Abstieg der Gipfelgruppe von der Adlersruhe vorgesehen und im Zuge desselben Besetzung der wichtigen Punkte TH 9 und TH 8. In der Zwischenzeit Erledigung der Punkte TH 6 und Hofmannshütte durch die Mitglieder der Basisgruppe. Die Entfernungsmessung zum Punkt TH 9 (Bild 44) machte wegen des vom dahinterliegenden Hofmannskees ausgehenden Reflexlichtes Schwierigkeiten und erzwang eine improvisierte Abschirmung mittels Schlafsack und Muskelkraft (Bild 37). Um 12.15 Uhr erfolgt die Messung THN - TH 8 (Bild 32: Scheinwerfer) mit ebenso starker Hintergrundstrahlung . Während des Abstieges der Gipfelgruppe vom TH 8 wird

die Messung zum TH 6 erledigt und um 18 Uhr treffen sich alle Teilnehmer am TIIN. Am Abend wird am Glocknerhaus gefeiert. Bei großem Wetterglück gab es keinen Unfall und der tatsächliche Ablauf wies gegenüber dem Netzplan nur eine Tagesverschiebung auf.

Für den 7. September verblieb nur mehr das Abschlußnivellement zwischen TH 2 und THN, das in einer Stunde erledigt war. Das Wetter war nach wie vor strahlend und der Meßtrupp verließ mit leisem Bedauern um ca. 10 Uhr die prachtvolle Hochgebirgslandschaft in Richtung Wien.

3.3 Auswertung

Die bekannte Art der trigonometrischen Höhenrechnung aus Zenitdistanzen und Schrägstrecken geht davon aus, daß die von der Atmosphäre hervorgerufene Strahlkrümmung bei optischer Zielung und lichtelektrischer Distanzmessung konstant ist. Ein derartiger Lichtweg kommt zustande, wenn die Lichtgeschwindigkeit im Beobachtungsbereich linear mit der Höhe zunimmt bzw. einen konstanten Vertikalgradienten aufweist [B. BAULE, 1958]. Diese Annahme erscheint aufgrund steiler Hanglagen, tageszeitlich wandernder Beschattung sowie großer Schnee- und Eisflächen sehr unwahrscheinlich. Zumindest ist zu erwarten, daß die mittlere Strahlkrümmung mehr oder weniger stark vom bekannten Standardwert $0.13 / R_m$ (R_m ... mittlerer Erdradius) abweicht. Die Messung gleichzeitig - gegenseitiger Zenitdistanzen ist daher in solchen Fällen unerläßlich. Ein Test für die Voraussetzung der kreisförmigen Lichtbahn ergäbe sich mit den aus den üblichen meteorologischen Endwerten berechneten Brechungskoeffizienten n_i , n_j wegen

$$\frac{d}{dh} \left(\frac{1}{n} \right) = - \frac{1}{n^2} \cdot \frac{dn}{dh} = \frac{1}{\Delta h} \left(\frac{1}{n_j} - \frac{1}{n_i} \right) \text{ und } \frac{d\beta}{ds} = \frac{\Delta\beta}{s}$$

anhand des Zusammenhanges $d\beta/ds = (\text{grad } n \cdot \sin z) / n$ zufolge

$$\frac{\Delta\beta}{s} = \frac{1}{\Delta h} \frac{n_i - n_j}{n_j} \sin z_i = \frac{1}{\Delta h} \frac{n_i - n_j}{n_i} \sin z_j$$

wenn $\Delta\beta$ die Änderung der Zenitdistanz z entlang des Lichtweges ist. Er ist streng nur möglich, wenn die Lotrichtungen in den Streckenendpunkten P_i , P_j vorliegen.

Der Annahme eines linearen Geschwindigkeitsfeldes entsprechend wurde für meteorologische Reduktion der Strecken der mittlere Brechungsindex zufolge

$$n_m = \frac{2n_i n_j}{n_i + n_j}$$

aus den nach [H. BARREL / J. SEARS, 1939] berechneten Endwerten und mit dem Bezugswert $(\hat{n} - 1) \cdot 10^{-6} = 309.2$ zufolge

$$\delta s = \hat{s} (309.2 - n_m) \cdot 10^{-6}$$

die entsprechende Korrektur für den Meßwert \hat{s} ermittelt. Da die trigonometrische Höhenrechnung mit Nivellementhöhen verglichen werden soll, ist vorerst noch abzuklären, welcher Art die aus ihr folgenden Werte sind. Zu diesem Zweck diene der tiefste Punkt (THN) als Bezugspunkt und seine Lotrichtung sei die z-Achse eines lokalen Koordinatensystems h,d. Die Höhenrechnung erfolgt in Ebenen, die durch diesen Punkt und die Lotrichtung des jeweils korrespondierenden Punktes gebildet werden. Alle anderen aufgrund geophysikalischer Zusammenhänge geringfügig aus den Ebenen abweichenden Elemente seien in diese projiziert. Der Schnitt der Ebenen mit der Niveaulfläche durch THN sind ebene Kurven unbekannter Krümmung $1/R$, die analog zur Lichtbahn mittels Krümmungskreisen

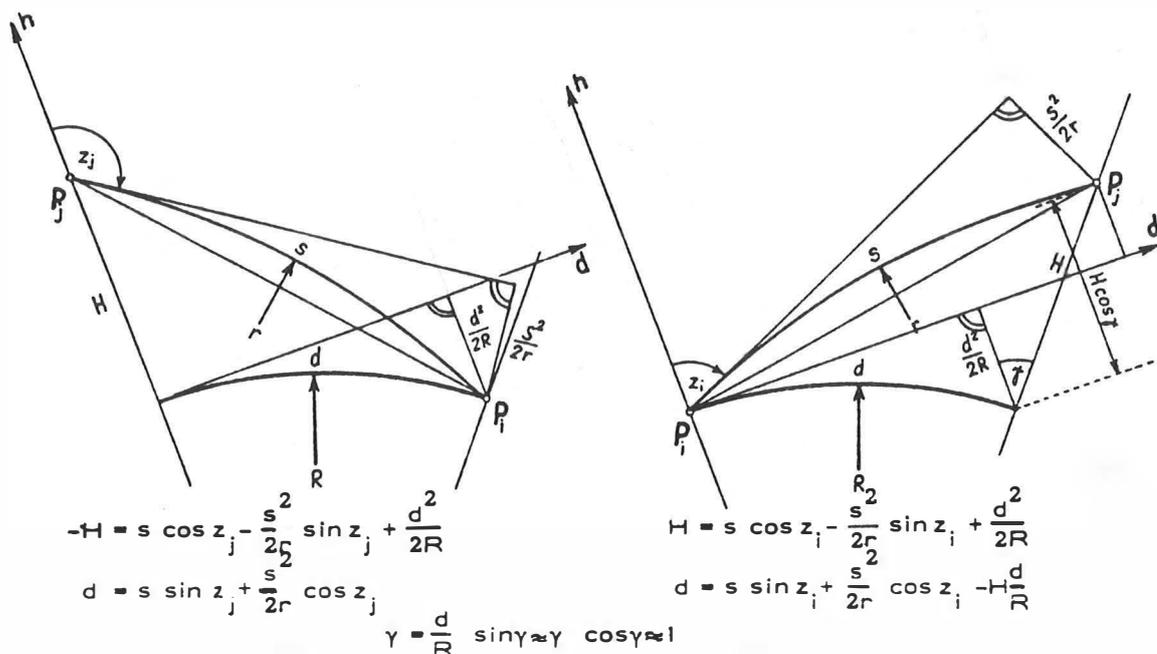


Abb. 3.1

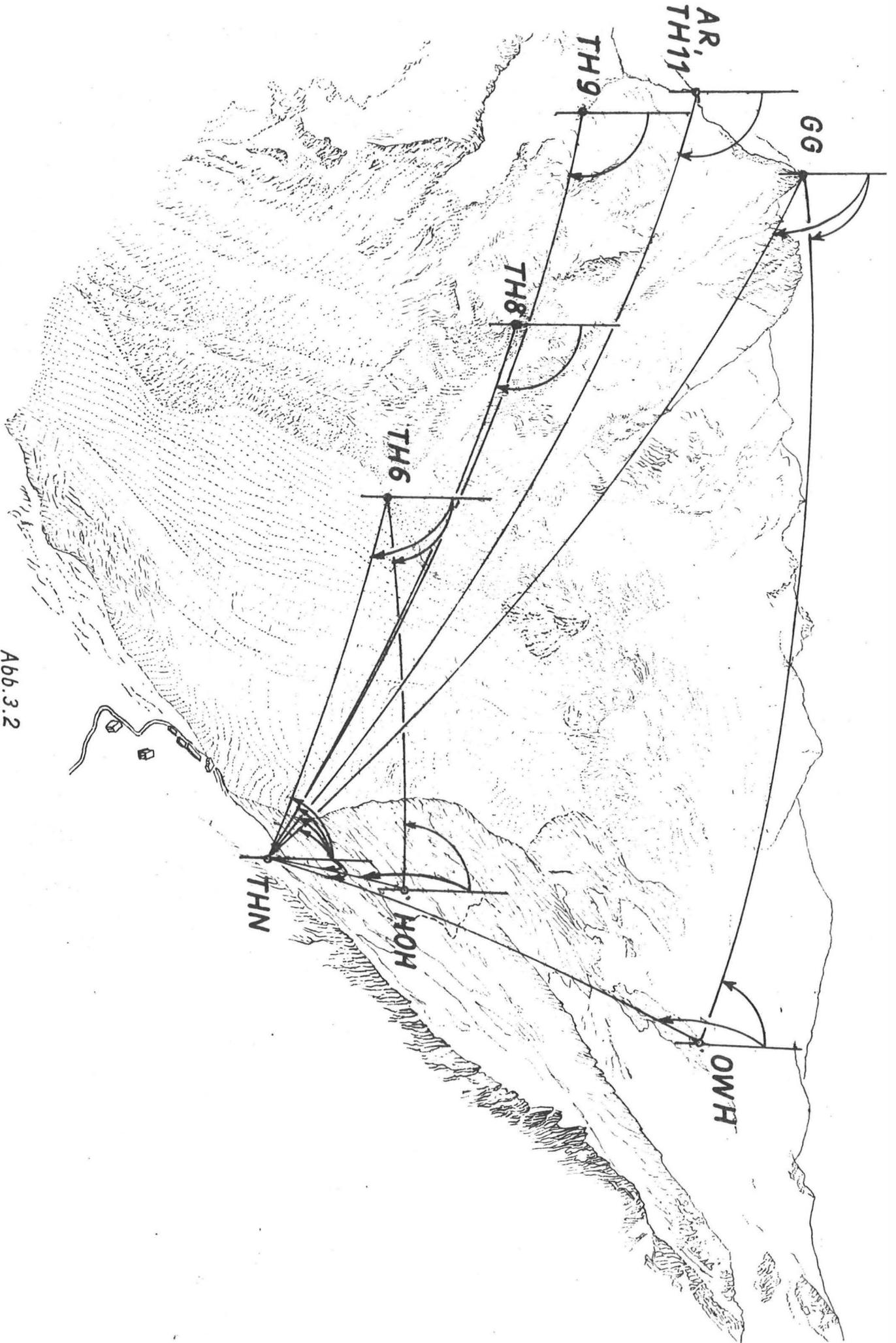


Abb. 3.2

zu approximieren sind. Da $R \gg d$ und $r \gg s$ (Abb.3.1) können Bogen-, Sehnen- und Tangentenlängen einander gleichgesetzt und die Tangentenabrückungen einfach aus $s^2/2r$ bzw. $d^2/2R$ berechnet werden. Damit folgen die in Abb. 3.1 wiedergegebenen Bezeichnungen für die Höhenrechnung und Streckenreduktion, die einerseits die in [K.HUBENY,1974] betonte Tatsache zeigen, daß die Reduktion der Schrägstrecke mittels Zenitdistanz stets die Horizontalentfernung im Niveau des zweiten Punktes liefert, andererseits, daß die berechneten Höhenwerte Normalabstände von der Niveaufläche des tiefsten Punktes sind. Sie folgen aus

$$H = \frac{s}{2} (\cos z_i - \cos z_j) - \frac{s^2}{4r} (\sin z_i - \sin z_j),$$

sind frei vom unbekanntem Krümmungseinfluß und in guter Näherung wegen $\sin z_i \approx \sin z_j$ auch frei vom Einfluß der Refraktion. Für die Berechnung der Strahlkrümmung $1/r$ aus der Summe der beiden Höhengleichungen muß entweder eine gute Näherung für R oder der aus den Lotrichtungen in den Streckenendpunkten berechnete Konvergenzwinkel γ vorliegen. Es ist dann $d^2/2R = d(\gamma/2)$ sowie $\Delta\beta = (\pi - z_j - z_i) - \gamma$ und $1/r = \Delta\beta/s$.

Das Dreieck TH - GG - OWH erlaubt gemäß Abb.3.2, Seite 44, die Berechnung eines Höhenwiderspruches. Die Messung OWH-GG bezieht sich jedoch auf die Niveaufläche durch OWH, welche natürlich nicht parallel zur Niveaufläche durch THN ist. Die Situation in der Berechnungsebene OWH-GG ist aus Abb. 3.3. ersichtlich. Der Höhenunterschied H_{12} müßte daher um den Betrag

$$\delta = \bar{d}\epsilon + \frac{(\bar{d} + H_{13}\epsilon/2)}{2\bar{R}} - \frac{\bar{d}^2}{2(R-H_{13})} \approx \bar{d}\left(\epsilon + \frac{\bar{d}}{2\bar{R}} - \frac{\bar{d}}{2(R-H_{13})}\right)$$

korrigiert werden, damit er mit $H_{13} + H_{32}$ vergleichbar wird. δ entspricht offensichtlich dem theoretischen Schleifenschlußfehler des geometrischen Nivellements. Mit $\bar{d} = 4$ km, $\epsilon = 1''$, $\Delta R = 10$ km und $R = 6372$ km erreicht δ etwa 8 mm, seine exakte Ermittlung setzt jedoch die Kenntnis unzugänglicher Größen (Krümmung der Lotlinie und der Niveaufläche im Inneren des Gebirges) voraus, deren Berechnung hier nicht möglich ist.

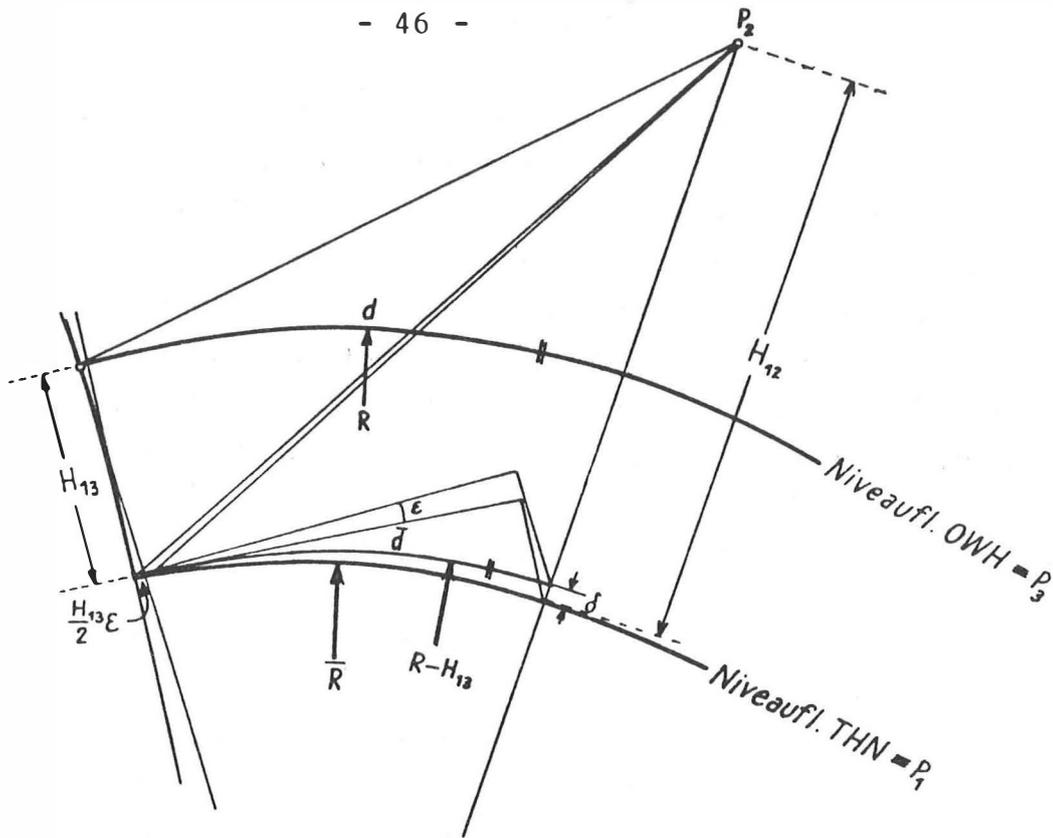


Abb. 3.3

Die Meßwerte dieses Dreieckes und ihre Verarbeitung anhand der angeführten Formeln sind auf Seite 47 zusammengestellt. Der Widerspruch $w = 1,3 \text{ cm}$ ist überraschend gering, obwohl die innere Genauigkeit der Messungen auf beiden Wegen einen etwa doppelt so großen mittleren Fehler des Höhenunterschiedes THN-GG ergibt. Die Berechnung der einzelnen m_{II} erfolgt nach der Beziehung

$$m_{II}^2 = M_S^2 + M_Z^2 + m_I^2 + m_Z^2$$

wobei $M_S = \pm m_S \cos z$ den Streckenanteil, $M_Z = \pm \frac{1}{2} s \sqrt{m_1^2 + m_2^2} \sin z$

den Anteil der Zenitdistanzen und $m_I = m_Z = \pm 0,5 \text{ cm}$ den eher pessimistisch geschätzten Anteil von Instrumenten- und Zielhöhe angeben.

Im Refraktionstest sollten die Werte $1/r$ und $gr(n)$ übereinstimmen. Die mangelhafte Erfüllung dieser Forderung hat mehrere Gründe. Der wichtigste ist natürlich die Tatsache, daß bodennahe meteorologische Endwerte das Brechungsfeld schlecht repräsentieren und überdies nicht einem linearen Geschwindigkeitsfeld entsprechen müssen. Weiters sind R_α oder γ nur Näherungswerte für die den tatsächlichen Verlauf der Niveauflächen beschreibenden Parameter und

Höhendreieck THN - OWH - GG

1. Atmosphärische Werte

von nach	Datum	p_1 mm Hg	t_1 °C	p_2 mm Hg	t_2 °C	Δn_1 10^6	Δn_2 10^6	Δn_m 10^6	$\Delta \hat{n} - \Delta n_m$ 10^6
THN OWH	09-03	578.0	9.5	534.0	1.0	223.8	213.2	218.4	90.7
OWH GG	09-05	532.5	0.3	479.3	-1.2	212.1	191.2	201.1	108.1
THN GG	09-05	574.0	8.5	479.2	-0.2	223.0	192.1	206.4	102.8

2. Streckenreduktion

von nach	\hat{s} m	s m	(d_1) m	$(s^2/2r)\cos z$ m	d m
THN OWH	4071.53	4071.90	4027.27	-0.03	4027.24
OWH GG	3825.38	3825.79	3734.62	-0.03	3734.59
THN GG	4535.53	4535.00	4303.44	-0.11	4303.33

3. Zenitdistanzen und Höhenrechnung

von nach	z_1 gon	I-Z m	z_2 gon	I-Z m	H_1 m	H_2 m
THN OWH	90.59965	1.06	109.43471	-1.06	600.136	-602.309
OWH GG	86.10642	-0.04	113.92612	0.04	828.288	-830.197
THN GG	79.60240	1.03	120.43152	-1.03	1429.332	-1431.625

4. Höhenmittel

von nach	H_m m	H m
THN OWH	601.223	
OWH GG	829.242	
THN GG	1430.478	
		<u>1430.465</u>

5. Refraktionstest

von nach	R_α km	γ cc	Δz cc	$\Delta \beta$ cc	$1/r$ 10^8	r km	k	gr(n) 10^8
THN OWH	6383	402	344	-58	2.26	44204	0.144	1.74
OWH GG	6379	373	325	-48	2.02	49532	0.129	2.46
THN GG	6394	428	339	-89	3.25	30783	0.208	2.05

6. Fehlerrechnung

von nach	m_1 cc	m_2 cc	m_s cm	M_s cm	M_2 cm	m_i cm	m_z cm	m_H cm
THN OWH	3.6	3.2	0.9	0.13	1.54	0.5	0.5	1.7
OWH GG	2.5	3.3	2.2	0.48	1.24	0.5	0.5	1.5
THN GG	5.6	3.7	2.4	0.76	2.39	0.5	0.5	2.6

Legende:

ΔnBrechungsindex-1	\hat{s}Streckenmeßwert
s.....Schrägstrecke	d.....Horizontaldistanz
z.....Zenitdistanz	I.....Instrumentenhöhe
Z.....Zielhöhe	H.....Höhenunterschied
R_αellipsoid. Krümmungsr.	γKonvergenz d. Lotlinien
$\Delta \beta$Refraktionswinkel	r.....Strahlkrümmungsradius
k.....Refraktionskoeffizient	gr(n)=(grad(n)/n) sin z

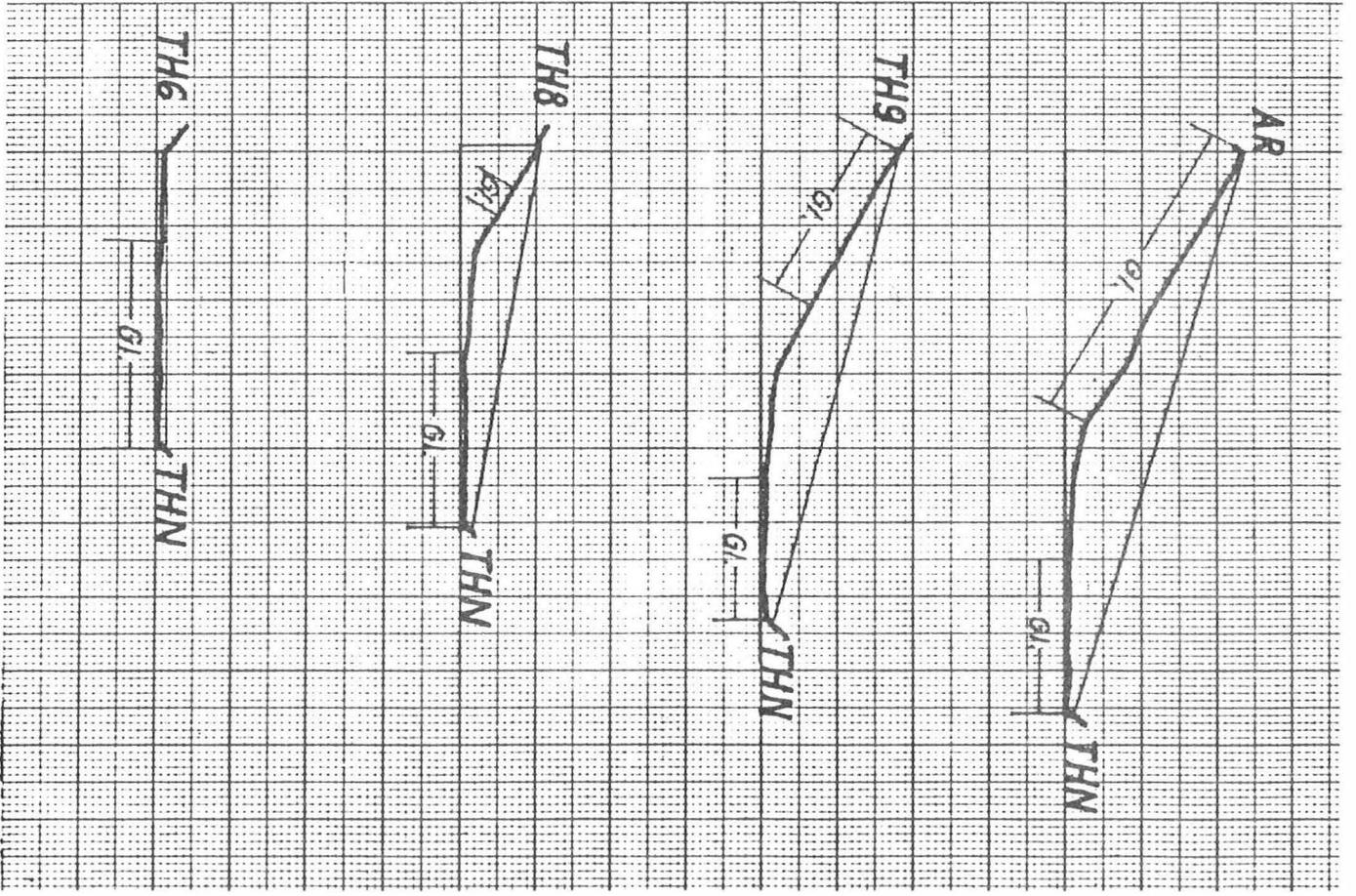
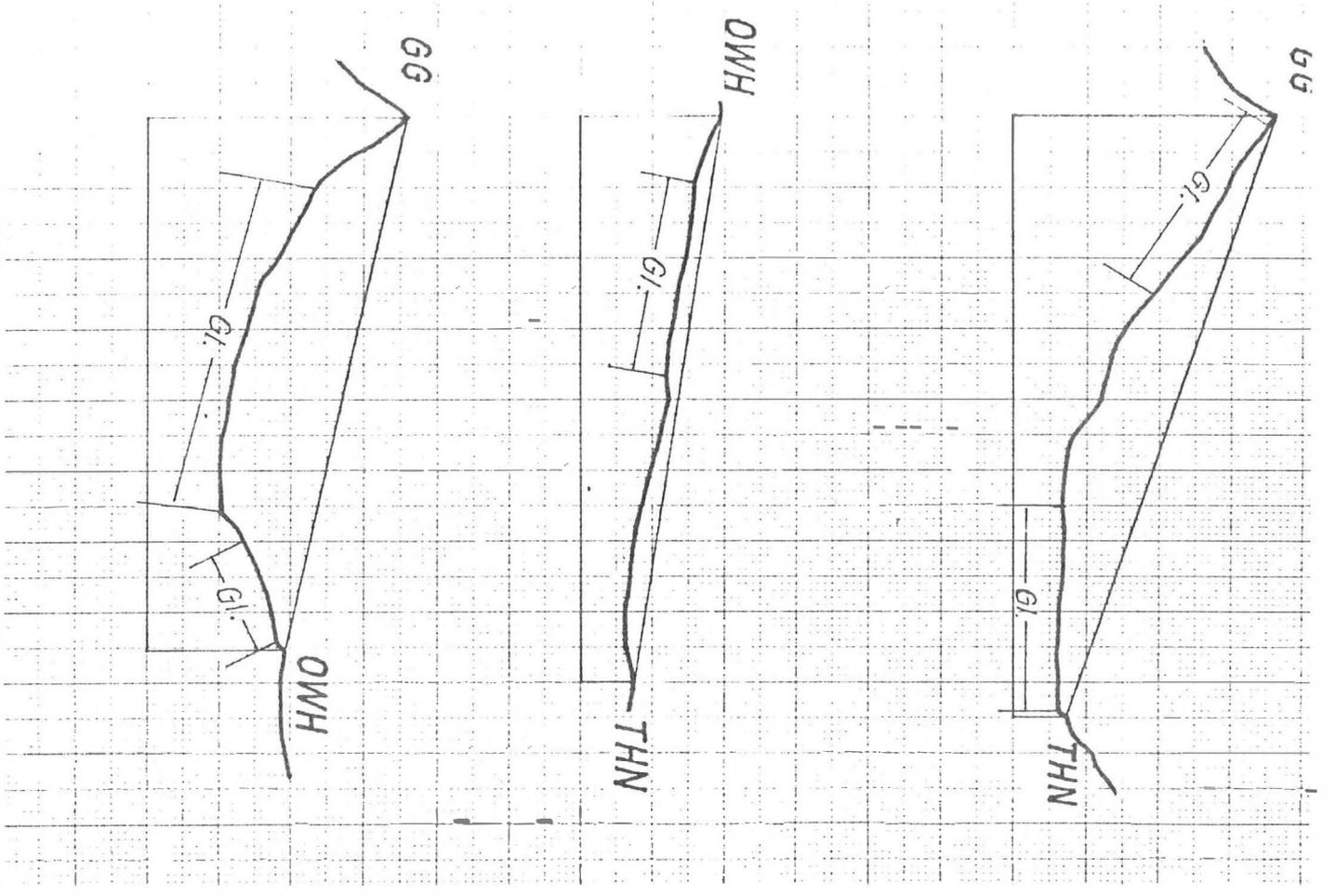


Abb. 3.4

erlauben daher nicht die saubere Abspaltung des Konvergenzanteiles vom Refraktionsanteil. Dies wäre nur mit astronomisch oder physikalisch bestimmten Lotrichtungen in den Streckenendpunkten möglich. Außerdem ist die Rechenschärfe bei zwei gegebenen Stellen sehr gering. Auffällig ist, daß die Strecke OWH-GG die beste Übereinstimmung zeigt, wo auch der Standardwert für den Refraktionskoeffizienten k auftritt. Hier liegt auch zweifellos das günstigste Geländeprofil vor (Abb. 3.4). Die Annahme kreisförmiger Lichtwege erscheint jedoch einigermaßen gerechtfertigt.

Mit dem Mittel aus den beiden etwa gleichgewichtigen Höhenunterschieden und der vom nächstgelegenen Bolzen TH 2 nivellitisch abgeleitete Höhe für THN, also $2367.452 \text{ m} + 1430.471 \text{ m}$, folgt die trigonometrische Rohhöhe der Oberfläche des Triangulierungspfeilers mit

$$\underline{3797.923 \text{ m} ,}$$

wobei darauf hinzuweisen ist, daß für das geometrische Nivellement HB 17639 - TH 2, wie schon erwähnt, keine orthometrische Korrektur vorliegt.

Der eigentliche Zweck der Messungen war jedoch die Überprüfung der Ergebnisse des Jahres 1955. Die Meßwerte für die noch erhaltene bergseitige Linie (Abb.3.2) und die Resultate der Auswertung sind auf Seite 50 zusammengestellt. Der Standpunkt AR ist das Exzentrum zu TH 11 (und zum KT Adlersruhe), welcher um 1,590 m höher liegt. Die Prüfung der Linearität des atmosphärischen Geschwindigkeitsfeldes fällt sehr ungünstig aus; einerseits dürften wegen der gegebenen Hangneigung besonders starke Anomalien des Konvergenzwinkels vorliegen, andererseits verlaufen die Strecken hinsichtlich Refraktion in eher ungünstigen Geländeprofilen (Abb. 3.4). Insbesondere trifft dies in den bergseitigen Endpunkten zu, wo längere bodennahe Meßwege nicht zu vermeiden sind. Überdies dürften die mächtigen Eis- und Schneefelder, die in Abb. 3.4 durch "G1." gekennzeichnet sind, eine nicht unbeträchtliche Inhomogenität des Luftkörpers hervorrufen. Die besonders krassen Widersprüche zwischen den Werten für $1/r$ und $gr(n)$ in den Strecken AR - THN und TH6 - THN werden eindeutig durch die Tageszeit hervorgerufen, da sie beide am späten Nachmittag gemessen wurden: bei dem damals herrschenden Schönwetter hatte der Punkt THN

Höhenzug THN - TH6 - TH9 - AR - GG

1. Atmosphärische Werte

von	nach	Datum	p_1 mm Hg	t_1 °C	p_2 mm Hg	t_2 °C	Δn_1 10 ⁶	Δn_2 10 ⁶	Δn_m 10 ⁶	$\hat{\Delta n} - \Delta n_m$ 10 ⁶
THN	TH6	09-06	575.8	11.5	574.3	8.0	221.2	223.5	222.4	86.8
	TH8	09-06	574.1	9.8	546.2	11.0	222.1	210.4	216.1	93.2
	TH9	09-06	573.6	5.0	519.6	8.5	225.7	201.9	213.1	96.1
	AR	09-05	573.2	5.0	500.6	1.0	225.5	119.8	211.9	97.3
	GG	09-05	574.0	8.5	479.2	-0.2	223.0	192.1	206.4	102.8

2. Streckenreduktion

von	nach	\hat{s} m	s m	(d_1) m	($s^2/2r$)cosz	d m
THN	TH6	2052.35	2052.53	2052.48		2052.48
	TH8	2628.32	2682.57	2594.36	-0.03	2594.33
	TH9	3227.64	3227.95	3128.40	-0.03	3128.37
	AR	3957.36	3957.75	3807.14	-0.06	3807.08
	GG	4535.53	4535.00	4303.44	-0.11	4303.33

3. Zenitdistanzen und Höhenrechnung

von	nach	z_1 gon	I-Z m	z_2 gon	I-Z m	H_1 m	H_2 m
THN	TH6	100.46141	-0.215	99.55099	0.215	-15.091	14.691
	TH8	89.71714	-0.050	110.30073	0.050	422.680	-423.408
	TH9	84.14812	0.055	115.87444	-0.055	795.537	-796.646
	AR	82.38056	-0.175	117.65031	0.175	1081.263	-1083.109
	GG	79.60240	1.03	120.43152	-1.03	1429.332	-1431.625

4. Höhenmittel und Differenzen

von	nach	H_m m	Höhenzentrierung Adlersruhe	ΔH_m m
THN	TH6	-14.891		
	TH8	423.044		437.935
	TH9	796.091		373.047
	AR	1082.186	-1.590 = 1080.596	284.505.....TH11
	GG	1430.478		349.882

5. Refraktionstest

von	nach	R_α km	γ cc	Δz cc	$\Delta \beta$ cc	$1/r$ 10 ⁸	r km	k	gr (n) 10 ⁸
THN	TH6	6391	204	124	-80	6.12	16333	0.391	15.44
	TH8	6391	258	179	-79	4.78	20907	0.306	2.73
	TH9	6389	312	226	-86	4.32	23158	0.276	2.90
	AR	6390	379	309	-70	2.89	34624	0.185	9.40

6. Fehlerrechnung

von	nach	m_1 cc	m_2 cc	m_s cm	M_s cm	M_2 cm	m_j cm	m_2 cm	m_H cm
THN	TH6	4.2	1.9	0.4		0.74	0.5	0.5	1.0
	TH8	3.2	0.8	0.3	0.05	0.67	0.5	0.5	1.0
	TH9	1.7	0.8	0.1	0.02	0.46	0.5	0.5	0.8
	AR	2.8	0.7	1.4	0.38	0.86	0.5	0.5	1.2

pralles Sonnenlicht, während der Gegenhang im Eigenschatten und die Pasterze im Schlagschatten des Berges lag. Es herrschten also denkbar ungünstige atmosphärische Verhältnisse, deren repräsentative Erfassung im Hinblick auf das gegebene Gelände praktisch unmöglich ist. Eine Verbesserung der Hypothese über den Aufbau des Brechungsfeldes könnte jedoch mittels Modellrechnung gemäß [N.WUNDERLIN, 1979] erreicht werden.

Die für die genaue Berechnung des Refraktionswinkels unumgängliche astronomische Vermessung der Lotrichtungen in den einzelnen Punkten des Höhenzuges wird in den Monaten August/September 1981 ausgeführt, und zwar mit dem Nil-Prismenastrolabium nach der bekannten Methode der gleichen Höhen, deren Genauigkeit etwa jener der gemessenen Zenitdistanzen entspricht.

Ausgehend von der schon erwähnten Höhe des Punktes THN ergeben sich nun mit Hilfe der auf Seite 50 zusammengestellten Ergebnisse folgende absolute Rohhöhen bzw. Höhenunterschiede:

Punkt	Meßergebnis	Trigon. Rohhöhe	Höhendifferenz
THN		2367.452	
TH6	- 14.891	2352.561	- 14.891
TH8	+ 423.044	2790.496	+ 437.935
TH9	+ 796.091	3163.543	+ 373.047
TH11	+1080.596	3448.048	+ 284.505
GC	+1430.478	3797.930	+ 349.882

Für den KT 21-153 (Adlersruhe) ergibt sich:

TH11		3448.048	
KT AR		3451.081	+ 3.033

Die Angabe endgültiger Höhen im geodätischen Sinne ist erst mit Vorliegen der erwähnten astronomischen und gravimetrischen Messungen möglich.

3.4 Gegenüberstellung

Punkt	Geometrisch	Trigonometr.	Geom.-Trig.
Höhenunterschiede			
TH6			
	411.3321	437.935	-26.603
TH8			
	372.9467	373.047	- 0.100
TH9			
	284.5054	284.505	0.000
TH11			
	349.8873	349.882	+ 0.005
GG			
Absoluthöhen			
TH6			
	2379.0034	2352.561	-26.442
TH8			
	2790.3355	2790.496	- 0.160
TH9			
	3163.2823	3163.543	- 0.261
TH11			
	3447.7876	3448.048	- 0.260
GG			
	3797.6749	3797.930	- 0.255

Aus dem Vergleich der Höhenunterschiede geht hervor:

1. Die Differenz TH6 - TH8 ist gegenüber 1955 um 26.6 m größer. Dies kann nur darauf zurückgeführt werden, daß der Punkt TH6 - auf einem scheinbar massiven gewachsenen Felsklotz am Fuße des Glocknerkellers angebracht - doch nicht so stabil war, wie vorerst angenommen. Es dürfte sich vielmehr um einen großen Sturzblock handeln, der auf dem Moränenschutt des Gletscherrandes auflag und die Abnahme der lokalen Gletschermächtigkeit mitgemacht hat. Eine präzisere Folgerung kann natürlich nicht gezogen werden, weil unbekannt ist, ob noch Eis unter der Moräne liegt bzw. seit wann keines mehr vorhanden ist. Mangels Lagekoordinaten aus 1955 ist keine Horizontalbewegung angebbbar. Aus der Lage des Höhenbolzen kann aber geschlossen werden, daß keine nennenswerte Rotation erfolgte.
2. Der Höhenunterschied TH8 - TH9 weist eine Differenz von 10 cm zwischen geometrischem und trigonometrischem Nivellement auf, welche beiden Methoden angelastet werden könnte. Eine eindeutige Zuordnung fällt deshalb schwer, weil einerseits das Nivellement über den Hofmannsgletscher führte und trotz aller Vorsichtsmaßnahmen Einsinkeffekte vorliegen können, andererseits der Vergleich mit dem

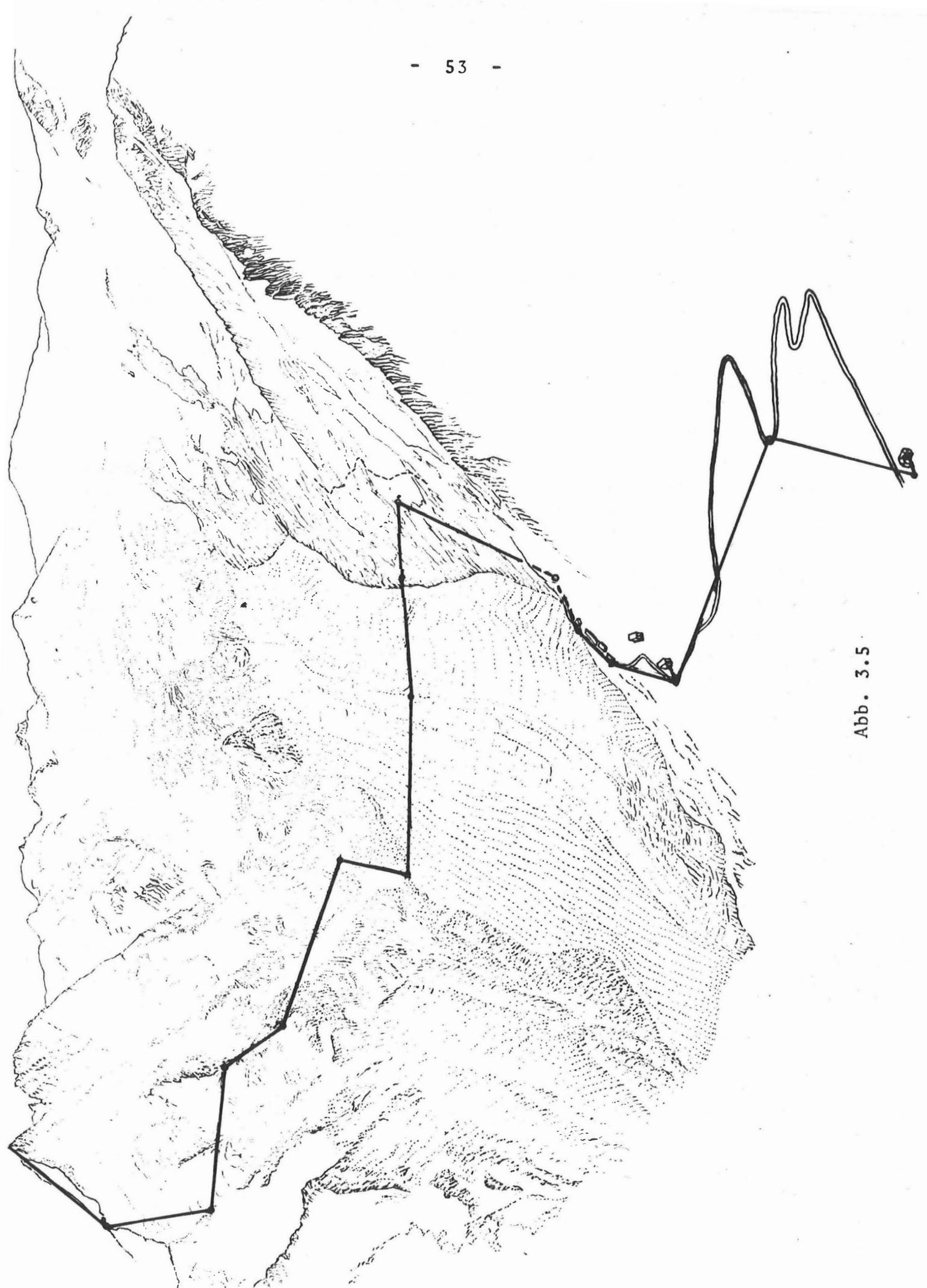


Abb. 3.5

untersten Punkt TH6 aufgrund seiner unerwarteten Verlagerung fehlt.

3. Die oberen beiden Höhenunterschiede stimmen erstaunlich gut überein, so daß vor allem eine Veränderung des Bolzen TH9 im Sinne des vorhergehenden Höhenwiderspruches auszuschließen ist.

Der Vergleich der Absoluthöhen zeigt, daß die beiden Höhensysteme um 16 cm gegeneinander verschoben sind. Da der Zusammenschluß ohne weiter ausgreifende Messungen mit Hilfe des Bolzen TH2 erfolgte, muß angenommen werden, daß an diesem eine entsprechende Veränderung stattgefunden hat, die natürlich durch Neuanschluß an das Glocknernivellement nachzuweisen ist.

Zur Klärung der angeführten Widersprüche ist vorgesehen, das ursprüngliche geometrische Nivellement durch ein echtes trigonometrisches Nivellement zu überprüfen, und zwar wieder ausgehend vom Glocknerhaus. Die bereits erkundete Linienführung desselben ist in Abb. 3.5 wiedergegeben und sollte die letzten Zweifel ausräumen. Außerdem wird eine interferometrische Überprüfung der Lattenstellungen vorgenommen werden, obwohl sich aus der Gegenüberstellung der Meßergebnisse kein derartiger systematischer Fehler ablesen läßt. Aufgrund der bisherigen Messungen kann jedoch ausgesagt werden, daß die Pfeileroberfläche sicher unter 3798 m liegt und somit der physische Gipfel des Großglockners (Fuß des Gipfelkreuzes) eine Höhe von knapp 3798 m aufweist, da die Pfeileroberfläche innerhalb weniger cm im gleichen Niveau liegt.

Literatur

- MADER K. Die orthometrische Schwerekorrektion des Präzisionsnivellement in den Hohen Tauern
ÖZV, Sonderheft 15, Wien 1954
- BRUNNER F. Lotabweichungseinfluß bei der trigonometrischen Höhenmessung mit steilen Visuren
ÖZV 61. Jahrg., Wien 1974
- BARRELL H., SEARS J.E. The Refraction and Dispersion of Air of the visible Spectrum
Phil. Trans. Royal Soc., London 1939
- HUBENY K. Horizontalentfernung und Höhenunterschied aus Schrägstrecken
ÖZV 62. Jahrg., Wien 1974
- WUNDERLIN N. ALGOL-Programm TGREFR. Modellatmosphäre und Refraktion
Mittlgn. des Inst. f. Geodäsie und Photogrammetrie d. ETH Zürich, Nr. 26, Dez. 1979