

# **Erfahrungen mit kartographischen Hochgebirgsaufnahmen auf Forschungsreisen**

Mit zwei Textabbildungen und einer Abbildung auf Tafel XII

WOLFGANG PILLEWIZER, Dresden

## Inhalt

Einleitung . . . . .	253
1. Die Feldarbeiten . . . . .	254
2. Die Auswertung der Feldaufnahmen . . . . .	261
3. Die Gestaltung der Expeditionskarten . . . . .	265
4. Zusammenfassung . . . . .	269
5. Literatur . . . . .	270
Summary . . . . .	270
Résumé . . . . .	271

## *Einleitung*

Forschungsreisen in außeralpine Hochgebirge führen meist in kartographisches Neuland. Selbst ein so alpennahes Hochgebirge wie der Jostedalsbre in Südnorwegen, das größte Gletschergebiet Europas, war noch vor kurzer Zeit kartographisch ungenügend erschlossen, ganz zu schweigen von den Hochgebirgen außereuropäischer Kontinente und Polargebiete, wo auch heute noch gute Karten selten anzutreffen sind. Da sie jedoch Voraussetzung für die touristische, wissenschaftliche oder wirtschaftliche Erschließung jedes Hochgebirges bedeuten, ist bereits seit dem Beginn der Expeditionstätigkeit in außeralpine Hochgebirge festzustellen, daß fast alle Unternehmungen dieser Art topographische Karten der Forschungsgebiete nach Hause zu bringen trachteten. Hier sind vor allem die vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein veranstalteten Expeditionen nach Zentralasien und in die Anden zu nennen, die bereits vor dem ersten Weltkrieg einsetzten und die mit ihrer kartographischen Aufnahmetätigkeit wesentlich zur Erschließung ferner Gebirgsgruppen beitrugen.

Auf Forschungsreisen vom Stil der Alpenvereinsexpeditionen, d. h. mit einer Mannschaft aus Bergsteigern und wenigen Wissenschaftlern, ist eine kartographische Aufnahmetätigkeit in der Art europäischer Landesaufnahmen nicht durchführbar. Für die geodätischen und topographischen Feldarbeiten stehen meist nur wenige Fach- und Hilfskräfte zur Verfügung. Das aufzunehmende Gelände ist fast stets schwierig zu begehen und selten so erkundet, daß die Arbeiten von vorne herein planmäßig ablaufen könnten. Für die Feldaufnahmen verbleibt meist nur die Zeit weniger Monate bei häufig schlechten

und extremen Witterungsverhältnissen und noch dazu müssen sich diese Arbeiten in die allgemeinen, oft touristisch ausgerichteten Expeditionspläne einfügen.

Das hat zur Folge, daß bei Forschungsreisen in ferne Gebirgsländer z. T. andere als die gewohnten geodätischen und topographischen Verfahren zur Anwendung kommen; auf sie sei zunächst eingegangen, wobei Erfahrungen aus Zentralasien, Skandinavien und aus der Arktis zugrunde gelegt werden. In diesem Aufsatz soll jedoch auch geschildert werden, wie die Auswertung und kartographische Gestaltung der topographischen und thematischen Feldaufnahmen vor sich geht, die bei Forschungsreisen in diese Gebirge gewonnen werden. Denn die ganze Mühe der Feldarbeiten war umsonst, wenn aus ihnen nicht binnen kurzer Frist gedruckte Karten der Forschungsgebiete entstehen.

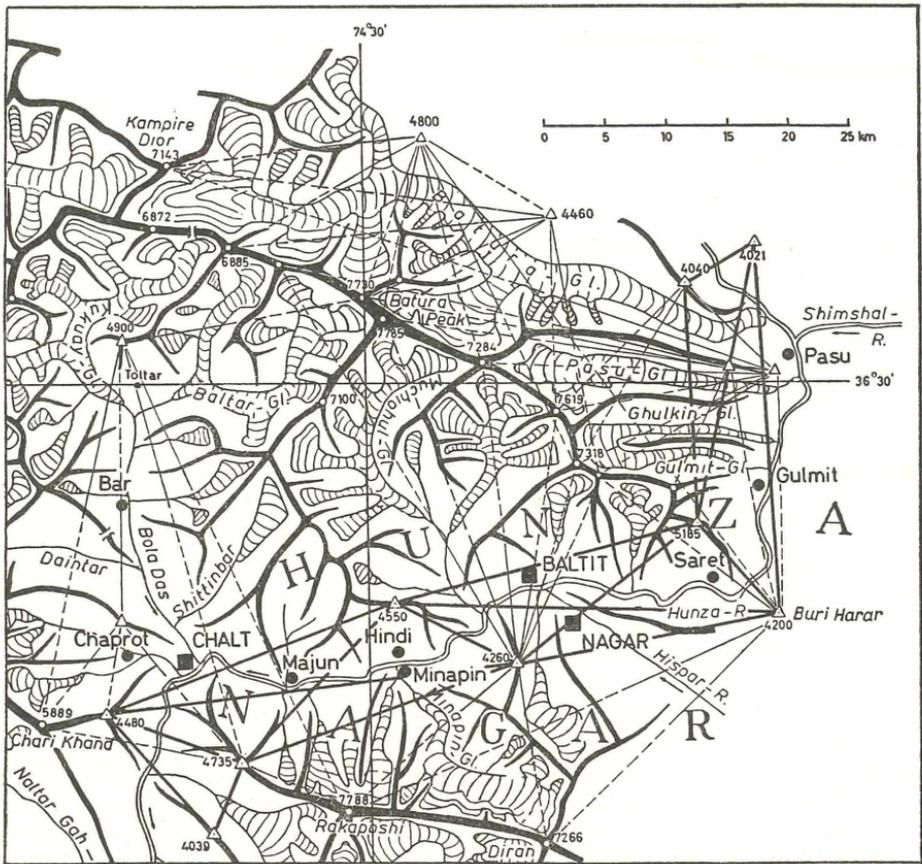
### *1. Die Feldarbeiten*

Der Maßstabbereich von Karten, die auf Hochgebirgsexpeditionen aufgenommen werden, liegt i. a. zwischen 1 : 25 000 und 1 : 100 000. Am häufigsten wird der mittlere Maßstab 1 : 50 000 gewählt, da es mit ihm möglich ist, ganze nicht zu große Gebirgsgruppen auf einem Blatt darzustellen und dabei doch noch viele für das Gebirge charakteristische Einzelheiten wiederzugeben. Wesentlich größere Maßstäbe, z. B. 1 : 10 000 werden für Spezialaufnahmen benützt, etwa zur Wiedergabe einzelner Gletscher und Gletscherteile oder zur Kartendarstellung geomorphologischer und vegetationskundlicher Untersuchungsgebiete.

Auf jeden Fall muß versucht werden, das Forschungsgebiet mit einem Triangulationsnetz zu überziehen, um die nötigen Festpunkte für die topographische Aufnahme zu schaffen. In vielen Fällen wird es möglich sein, die Triangulation an Festpunkte einer bestehenden Landesvermessung anzuschließen. Sowohl bei den Arbeiten im Karakorumgebirge wie auch bei jenen in Spitzbergen, über die hier berichtet werden soll, bestand diese Möglichkeit, wenn auch die Bedingung für die Beobachtung eines Festpunktnetzes in beiden Fällen grundverschieden waren.

Der Aufbau eines Triangulationsnetzes im nordwestlichen Karakorumgebirge durch den Geodäten Karl HECKLER, der auf dieser Expedition im Jahre 1954 tödlich verunglückte, machte besondere Schwierigkeiten. Sie wurden durch die extreme Hochgebirgsnatur verursacht, handelt es sich doch um stark vergletscherte Hochgebirgskämme mit zahlreichen Gipfeln von über 7000 m Höhe, von denen bis heute erst zwei erstiegen wurden. Die Triangulation konnte an 3 Altpunkte einer Triangulationskette des Survey of India angeschlossen werden, die 1912 zur Verbindung der indischen und russischen Netze durch das Hunzatal gelegt worden war (siehe Abb. 1). Sie lagen in mittlerer Höhe (zwischen 4000 und 5000 m) und in dieser Höhenzone wurden auch die 6 Neupunkte HECKLERS angelegt. Von ihnen aus wurden die schon z. T. von der indischen Triangulation als intersected points bestimmten Gipfel des Hauptkammes eingemessen, da nur diese weithin sichtbaren Höhenpunkte für die Bestimmung photogrammetrischer Standpunkte durch Rückwärtseinschnitte in Frage kamen.

Durch den Tod Karl HECKLERS wurde die Berechnung der Triangulation außerordentlich erschwert. Es stellte sich heraus, daß seine Feldbuchaufzeichnungen nicht so vollständig waren, daß danach die Berechnungen einwandfrei



Indo-russische Verbindungstriangulation von 1912



Bestimmung der intersected points 1954

Abbildung 1. Die Triangulation im NW-Karakorum 1954.

durchgeführt werden konnten. So wurde z. B. nach monatelangen mühsamen Untersuchungen festgestellt, daß HECKLER nicht, wie aus seinen Unterlagen hervorzugehen schien, auf dem alten TP Buri Harar im Osten des Arbeitsgebietes, sondern auf einem von ihm errichteten, 313 m vom Altpunkt entfernt liegenden Neupunkt beobachtet hatte. Da aber dieser im Feldbuch ebenfalls mit Buri Harar bezeichnet worden war, wurde zunächst mit den Koordinaten des Altpunktes gerechnet, wodurch sich unerklärliche Fehler in den neu berechneten Punktlagen ergaben. Man muß also bei geodätischen und topographischen Feldarbeiten auf Expeditionen die Feldbücher trotz aller Schwierigkeiten, die durch Überanstrengung, fehlende Hilfskräfte, Zeitmangel, Höhenkrankheit usw. in reichem Maße gegeben sind, stets so zu führen, daß sie jederzeit von anderen auswertbar sind.

Die Hauptschwierigkeit dieser Triangulation lag in der Tatsache, daß die Gipfel des Hauptkammes nicht signalisiert werden konnten. Es sind ja bislang unerstiegene Siebentausender, deren Gipfelform nicht so markant ist, daß von allen Seiten immer derselbe Gipfelzacken angezielt wurde. Selbst die Feststellung, um welchen Gipfel es sich jeweils handelt, war auf den TP<sup>3</sup> nicht immer mit Sicherheit zu treffen, weil die Gipfel aus den verschiedenen Himmelsrichtungen oft recht unterschiedlich aussehen. So benannte HECKLER den intersected point Nr. 44 der alten indischen Triangulation, der mit 7619 m Höhe über dem Pasugletscher aufragt, von 4 verschiedenen Triangulationspunkten aus folgendermaßen:

Aus Südrichtung	.....	Nördl. Boiohagur
aus Ostrichtung	.....	Ghulkimspitze
aus Nordostrichtung	.....	24970 ft. (richtig!)
aus Nordrichtung	.....	Höchster Pasu.

Er war sich also nicht klar darüber, welchen Gipfel er jeweils anzielte und das verwundert nicht in einem unerforschten Hochgebirge mit Höhenunterschieden von 6000 m (Hunzafluß 1800 m, höchste Gipfel 7800 m). Trotzdem die einwandfreie Deutung solch unterschiedlicher Angaben für ein und denselben Punkt wochenlange Identifizierungsarbeiten mit vielen Sonderberechnungen und graphischen Konstruktionen erforderte, ergab die endgültige Berechnung der Triangulation doch eine Genauigkeit der intersected points von ca.  $\pm 10$  m, was für die Aufnahme einer Karte im Maßstab 1 : 50 000 ausreicht<sup>1</sup>.

Während für die Triangulation im Karakorumgebirge ein Wild-Theodolit T 2 eingesetzt worden war, erfolgte die Beobachtung des Triangulationsnetzes der Deutschen Spitzbergenexpedition 1962/64 im Kongsfjord, Westspitzbergen mit dem Zeiß-Kleintheodolit Theo 120 aus Jena, der für Expeditionsarbeiten durch sein geringes Gewicht und die große Fernrohrhelligkeit bedeutende Vorteile bietet. Für die Kartenaufnahme des Inneren Kongsfjords im Maßstab 1 : 25 000 mußte ein Festpunktnetz geschaffen werden, welches die Grundlage für die terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme des Forschungsgebietes bilden sollte. Obwohl nur Gipfel von etwas über 1200 m Höhe vorhanden sind, weist Westspitzbergen mit seinem ausgedehnten Eisstromnetz und seinen alpin geformten Gipfeln Hochgebirgscharakter auf. Dieses arktische Gebirgsland bietet aber weit bessere Bedingungen für die Vornahme geodätischer und topographischer Arbeiten, als das Karakorumgebirge: Gipfel und Grate sind verhältnismäßig leicht erreichbar, die Sichten sind nirgendwo durch überragende Kämme behindert und der ewige Polartag erlaubt langfristige Unternehmungen, wenn die Witterungsverhältnisse günstig sind. Diese wiederum sind im Gegensatz zum Karakorumgebirge sehr unbeständig und können durch wochenlanges Schlechtwetter die Feldarbeiten stark behindern.

Für die Anlage des Triangulationsnetzes (Abb. 2) konnte vor Beginn der Beobachtungen eine ordnungsgemäße Signalisierung der Punkte mittels Steinmännern erfolgen, die zur besseren Auffindung der Zielpunkte noch zusätzlich mit roten und weißen Fahmentüchern umhüllt wurden. Auch die photogrammetrischen Standpunkte wurden in dieser Weise gekennzeichnet; im

<sup>1</sup> Markante intersected points in der Nähe der Haupttriangulationskette, wie z. B. der Gipfel des Rakaposhi 7788 m, weisen eine Genauigkeit von  $\pm 5$  m auf; weniger markante Gipfel, die weiter ab liegen, sind ungenauer.

Karakorumgebirge war hierfür gelbes Signalpapier verwendet worden, welches sich dort auch gut bewährt hatte. In Spitzbergen hingegen, wo die Schneegrenze nur etwa 400 m hoch liegt, treten in den Fels- und Schuttgebieten soviel kleine Schneeflecke auf, daß dort eine rot-weiße Markierung nötig ist, um Verwechslungen mit Schneeflecken auszuschließen. Der Anschluß des Netzes erfolgte an 4 norwegische Altpunkte und trotz der Beobachtung mit dem Kleintheodolit, der nur die Schätzung von Minuten zuläßt, wurde ein mittlerer Punktfehler des Netzes von  $\pm 63$  cm erreicht, eine Genauigkeit, die sogar die Herstellung von Karten des Maßstabes 1 : 10 000 zuläßt.

Im Rahmen einer Landesaufnahme würden heutzutage topographische Aufnahmen im Hochgebirge weitgehend mittels Luftbildmessung durchgeführt werden. Kleinere bergsteigerisch-wissenschaftlich ausgerichtete Forschungsunternehmen können dafür aber im allgemeinen die finanziellen Mittel nicht aufbringen. Selbstverständlich würde ein Großteil der mühevollen Feldarbeiten wegfallen und mit einem Schlag könnte aus der Luft eine fast lückenlose Aufnahme des Expeditionsgebietes gewonnen werden. Im Karakorum wäre die Befliegung aus folgenden Gründen technisch besonders schwierig und auch kostspielig gewesen und kam deshalb nicht in Frage: Für ein fast 8000 m hohes Gebirge mit Höhenunterschieden von 5000 bis 6000 m und extrem steilen Bergflanken muß in so großer Höhe (etwa 12 000 m) geflogen werden, daß die normalen Luftaufnahmefahrzeuge mit ihrer Steighöhe von 8000 m nicht ausreichen, um Senkrechtbilder zu gewinnen. Es hätte also ein Spezialflugzeug für einen Höhenflug eingesetzt werden müssen. Flugplätze standen im Gebirge selbst nicht zur Verfügung; die Maschine hätte aus dem Vorland des Himalaja, etwa aus Rawalpindi anfliegen müssen. Völlig klare Schönwettertage sind im Karakorumgebirge sehr selten und es fehlten im Gebirge die meteorologischen Stationen, die solch ein Flugzeug kurzfristig bei Auftreten einer Schönwetterlage hätten abrufen können. Außerdem wäre auch kaum die Erlaubnis für die Vornahme von Luftaufnahmen in diesen innerasiatischen Grenzgebieten zwischen Pakistan, Indien, China und Afghanistan erteilt worden.

Für die Kartenaufnahme in Spitzbergen kam ebenfalls aus finanziellen Gründen die Luftaufnahme nicht in Frage, obwohl sie technisch dort sogar sehr vorteilhaft einsetzbar gewesen wäre. Da aber gerade in Spitzbergen ausgedehnte glaziologische Messungen im Gelände ausgeführt werden mußten, ließ sich die topographische Aufnahme gut damit verbinden. Sie erfolgte ebenso wie im Karakorumgebirge mittels der terrestrischen Stereophotogrammetrie, ein Verfahren, welches durch die Kartenaufnahmetätigkeit des Alpenvereins in den Ostalpen und auf weltweiten Hochgebirgsexpeditionen außerordentliche Bewährung erfahren hat.

Für terrestrisch-photogrammetrische Aufnahmen im Hochgebirge ist das Gewicht der Aufnahmeinstrumente von großer Bedeutung. Besonders bewährt hat sich die leichte Phototheodolitausrüstung TAF 13  $\times$  18 cm, die nach Angaben Sebastian FINSTERWALDERS 1926 von Carl Zeiß, Jena, gebaut worden war. Sie konnte notfalls sogar von einer Person transportiert werden und ermöglichte durch ihr geringes Gewicht von etwa 12 kg die Anlage photogrammetrischer Standlinien im schwierigsten Hochgebirgsgelände bis in Höhen von über 6000 m. Nach dem zweiten Weltkrieg standen solche Ausrüstungen aus der Vorkriegsproduktion kaum mehr zur Verfügung. Sie wurden von den photogrammetrischen Gerätefirmen nicht mehr gefertigt und wenn nicht am Institut für Photogrammetrie der Technischen Hochschule München Anfang

der fünfziger Jahre nochmals eine Kleinserie solcher Geräte gebaut worden wäre, hätten die Hochgebirgsexpeditionen der folgenden Zeit sich mit wesentlich schwereren Ausrüstungen abplagen müssen.

Die Expedition von 1954 führte im Karakorumgebirge zwei solch leichte Ausrüstungen mit sich, was wesentlich zum Gelingen der Kartenaufnahme beitrug. Denn ein Meßtrupp kam mit ein bis zwei Trägern aus, was bei dem Mangel an guten Hochgebirgsträgern unter der einheimischen Bevölkerung von entscheidender Bedeutung war. Von den beiden Meßtrupps wurden damals 74 photogrammetrische Standlinien angelegt und über 400 Topoplaten belichtet. Diese Aufnahmeetätigkeit erforderte fast täglich Anstiege über tausende von Metern und wurde durch die extreme Steilheit der lawinengefährdeten Talflanken außerordentlich behindert. An diesen Flanken konnten nur selten sichere Aufnahmestandpunkte gefunden werden und die Ersteigung hoher Grate und Gipfel war mit Instrumententrägern oftmals nicht möglich. Immerhin lagen die höchsten Standlinien zwischen 5000 und 6000 m Höhe, was aber noch nicht ausreichte, die innersten Verzweigungen der Talschlüsse des Hauptkammes in allen Teilen zu erfassen. In Unkenntnis der tatsächlichen Geländeverhältnisse des nordwestlichen Karakorumgebirges war der aufzunehmende Raum mit ca. 3000 km<sup>2</sup> viel zu groß angenommen worden. Dazu kam noch, daß der eine Meßtrupp auch noch die Aufgabe der Grundtriangulation und der andere die Vornahme glaziologischer Messungen zusätzlich zur topographischen Aufnahme übernommen hatte. So verblieben bei der ersten Expedition von 1954 ca. 20 bis 30% des Geländes unerfaßt und diese Lücken konnten dann erst auf einer zweiten Expedition im Jahre 1959 geschlossen werden.

Mit welchem Zeitaufwand für die Feldarbeiten in solch einem extremen Hochgebirge zu rechnen ist, kann den Angaben von H. BAUMERT [1] entnommen werden, der die geodätischen und topographischen Arbeiten 1959 im Karakorumgebirge weiter führte. Für das Blatt Minapin 1:50 000 von 400 km<sup>2</sup> Fläche wurden von den Expeditionen 1954 und 1959 zusammen reichlich 2 Wochen reiner Feldarbeitszeit zur Schaffung der geodätischen und photogrammetrischen Unterlagen benötigt.

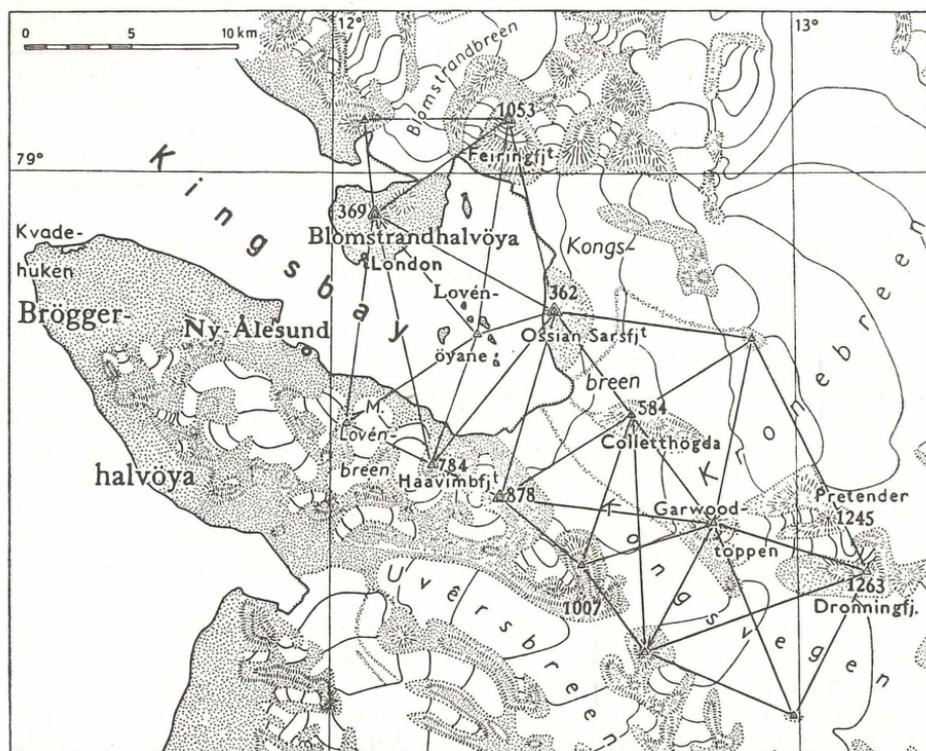
Das Zusammenwirken zweier Meßtrupps, die mit der gleichen Phototheodolitausrüstung versehen sind, erwies sich im steilgratigen Hochgebirgsgebirge unter Expeditionsbedingungen als besonders vorteilhaft. Dort besteht nämlich eine Schwierigkeit in der Signalisierung beider Endpunkte einer photogrammetrischen Standlinie vor Beginn der Meßarbeiten. Liegt solch eine Standlinie auf einem nur klettertechnisch zu überwindenden Grat, so muß der Meßtruppführer, in diesem Fall der europäische Fachmann, den schwierigen Gratübergang mindestens zweimal zurücklegen, was oft sehr viel Zeit, mehrere Stunden, in Anspruch nehmen kann. Der Versuch, einen der einheimischen Träger vom A-Standpunkt aus über den Grat zum vorgesehenen B-Punkt zu schicken und den Punkt so ausstecken zu lassen, daß er dann tatsächlich als Meßstandpunkt benutzt werden konnte, mißlang in allen Fällen. Falls nicht zufällig ein anderes Expeditionsmitglied (Bergsteiger) hierfür zur Verfügung stand, mußte der Vermessungsfachmann selbst die Punktauswahl und -signalisierung vornehmen und den Grat also mehrfach überqueren. Wenn man ohne vorherige Auswahl und Signalisierung den Gegenpunkt der Standlinie nur anzielt und meint, man werde sich auf dem angenommenen Gratzacken wohl aufstellen können, so kann man unangenehme Enttäuschungen erleben. Im Baturagebiet des Karakorum arbeiteten deshalb

die beiden Meßtrupps so zusammen, daß jeder einen Endpunkt der vorgesehenen Aufnahmestandlinie bestieg, wo dann mit den beiden gleichartigen Instrumenten die Aufnahmen gemacht wurden, ohne daß eine Überquerung der schwierigen Gratstrecken zwischen den Standpunkten nötig gewesen wäre. Es ist interessant, daß E. SCHNEIDER [2] später bei der Aufnahme der Karten des Khumbu Himal in Nepal in gleicher Weise verfuhr. Auch dort handelt es sich ja (wie im Karakorum) um extremes Hochgebirge. Die Auswertung solcher Meßaufnahmen ist nur möglich, wenn sich die Kamerakonstanten beider Aufnahmegeräte weitgehend gleichen und wenn vor Beginn der Feldarbeiten Absprachen bezüglich der Aufnahmerichtungen zwischen den beiden Trupps stattgefunden haben.

Bei den deutschen Spitzbergenexpeditionen 1962/65 standen keine leichten Phototheodolitausrüstungen TAF zur Verfügung. Verwendet wurde die Phototheodolitausrüstung 19/1318 von VEB Carl Zeiß Jena, die nicht speziell für Hochgebirgsaufnahmen entwickelt worden war. Als Präzisionsausrüstung war sie vor allem für die umfangreichen glaziologischen Meßarbeiten von Wert; sie genügte aber auch allen Anforderungen der topographischen Aufnahme und bewährte sich sogar unter den extremen Bedingungen der Polarnacht. Denn mit ihr wurden photogrammetrische Gletschergeschwindigkeitsmessungen in den winterlichen Vollmondperioden mit ausgezeichnetem Ergebnis vorgenommen [3].

Durch Beschränkung auf die unbedingt nötigen Instrumente (1 Phototheodolit, 1 Theodolit und nur 1 Stativ) und den Ersatz schwerer Verpackungskästen durch Schaumgummibehälter für den Rucksacktransport gelang es, das Gesamtgewicht der Ausrüstung auf ca. 27 kg zu beschränken. Diese Last konnte von 2 Personen über die etwa 1000 m hohen Anstiege und während der weiten Gletschermärsche befördert werden, wofür aber keine eigenen Instrumententräger vorhanden waren. Die Wissenschaftler und Bergsteiger der Expedition schleppten die Lasten selbst, was in den hohen und steilen zentralasiatischen Gebirgen kaum möglich gewesen wäre.

In einem auf 79° nördlicher Breite gelegenen hocharktischen Gebiet bringt der 4 Monate währende Polartag große Vorteile für die photogrammetrische Aufnahmefähigkeit mit sich. Die meist nur kurzen Lichtblicke zwischen den häufigen Schlechtwetterperioden Westspitzbergens können zu jeder beliebigen Tageszeit voll für die Aufnahmen ausgenutzt werden, vor allem, wenn in der Nähe der Aufnahmestandlinien kampiert wird. Bei längeren Schönwetterperioden kann man für jede Aufnahme die günstigste Beleuchtungsrichtung auswählen, was von Bedeutung für Aufnahmen in Südrichtung ist; in gemäßigten Breiten bereiten sie wegen des ungünstigen Sonnenstandes stets Schwierigkeiten, in Spitzbergen wartet man so lange, bis man die Mitternachtssonne im Rücken hat und erhält damit dann Bilder von besonderer Plastik und Ausdruckskraft. Schon im Jahre 1938 nahm ich, damals noch mit der Ausrüstung TAF, die Karte des Gänsegletschers im Hornsund Spitzbergens auf, wobei ich gezwungen war, ohne Gehilfen allein zu arbeiten, was nur mit dieser Leichtausrüstung möglich war. Damals herrschte mehrfach während der Feldarbeiten bei klarem Himmel außerordentlich heftiger Sturm; es war deshalb notwendig, das leichte Instrument mit nicht ausgezogenen Stativbeinen ganz niedrig aufzustellen und das Stativ an Felsblöcken so zu befestigen, daß der Phototheodolit nicht weggeweht werden konnte. Das gut verankerte Instrument vibrierte stark im rasenden Sturm und es bestand die Gefahr,



- ▲ Altpunkte der Kingsbay-Triangulation von 1921  
 ▲ Neupunkte von 1962 und 1964

Abb. 2. Triangulationsnetz der deutschen Spitzbergen-Expeditionen 1962 und 1964/65.

daß die Topoaufnahmen unscharf werden könnten. Da jedoch mit unempfindlichem Plattenmaterial bei etwa 30 sec. Belichtungszeit gearbeitet wurde, entstanden trotzdem scharfe, gut durchgezeichnete Meßbilder; die Vibrationen des Instruments waren durch die lange Belichtungszeit unwirksam gemacht worden. In 5 Arbeitstagen wurden damals Punktverdichtungen im Anschluß an einige alte, koordinatenmäßig bekannte Festpunkte der russisch-schwedischen Gradmessungstriangulation von 1899/1900 vorgenommen und 6 photogrammetrische Standlinien angelegt, die eine Fläche von 50 km<sup>2</sup> für den Auswertemaßstab 1 : 16 666 erfassen.

Zur topographischen Aufnahme 1 : 25 000 des ungefähr 400 km<sup>2</sup> großen Gletschergebietes Kongsvegen-Kronebreen Westspitzbergens wurden 16 Standlinien auf hochgelegenen Gipfeln und Graten eingerichtet. Die durchschnittliche Basislänge betrug 490 m; die Basisendpunkte wurden durch Rückwärtseinschnitte an das Triangulationsnetz angeschlossen. Mit 49 Stereomodellen gelang es, das Aufnahmegebiet fast lückenlos zu erfassen. Das galt vor allem dort, wo die Aufnahmestandpunkte genügend hoch über den Eisströmen und Firnmulden lagen.

Die gebirgige, alpin geformte Westseite der Hauptinsel Spitzbergens ist trotz ihrer relativ geringen absoluten Höhe von 1200 bis 1400 m für Erdbild-

aufnahmen gut geeignet. Anders ist dies jedoch in den zentralen und östlichen Teilen Westspitzbergens; dort fehlen vielfach die überhöhenden Gipfelpunkte und die weiten Hochlandeisflächen lassen sich von Erdstandpunkten aus nicht mehr überblicken, so daß hier nur noch Luftbildaufnahmen eingesetzt werden können. Das Arbeitsgebiet der deutschen Spitzbergenexpeditionen 1962/65 lag jedoch im Bereich der großen Gletscherströme, die zwischen hohen Felsbergen in den Kongsfjord kalben und es endigte am Beginn der Hochlandeisflächen, wo auch das Erdbildaufnahmeverfahren seine Grenze hat.

Ähnliche Verhältnisse liegen in den Hochfjellen Skandinaviens vor. Das Gletschergebiet des Jostedalsbre in Südnorwegen bildet eine weite, wellige Firnhochfläche ohne überragende Gipfel in etwa 1800 m. Sie wird randlich von tiefen Trogtälern zerschnitten, deren Talgründe und mehr als 1000 m hohen übersteilen Flanken terrestrisch-photogrammetrisch sehr gut erfaßt werden konnten, als 1937 eine Kartenaufnahme des Gebirgslandes begonnen wurde. Von den Hochflächenkanten aus, an denen die photogrammetrischen Aufnahmestandpunkte lagen, waren aber nur die Täler einzusehen und aufzunehmen, nicht aber die Hochflächen selbst, für deren Erfassung die amtliche Landesvermessung „Norges Geografiske Opmåling“ später die Luftbildaufnahme einsetzte [4]. Dabei wurden auch die Täler auf den Luftbildern mit erfaßt und später zusammen mit den Hochflächen am Zeiß-Stereoplanigraphen ausgewertet. Es lagen also stereophotogrammetrische Aufnahmen und Kartenauswertungen der Talgebiete sowohl von der Erde als auch aus Luftbildern vor, die miteinander verglichen werden konnten. Dabei wurde deutlich, daß die terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme der Steiflanken bessere Ergebnisse erbracht hatte, als deren Luftaufnahme, während es auf den Hochflächen gerade umgekehrt war.

## 2. Die Auswertung der Feldaufnahmen

Für die Verarbeitung der Expeditionsfeldaufnahmen bis zur fertigen Karte müssen Einrichtungen vorhanden sein, an denen sowohl die photogrammetrischen als auch die kartographischen Auswertungen durchgeführt werden können. Die Kartenauswertestelle des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins nahm sich vor dem zweiten Weltkrieg zumindest der photogrammetrischen Auswertung von Expeditionsaufnahmen an und diese Aufgabe übernahm nach dem zweiten Weltkrieg zunächst das Institut für Photogrammetrie der Technischen Hochschule München. Parallel dazu wurde vom Österreichischen Alpenverein in Innsbruck eine Kartenauswertestelle geschaffen, die in der Lage ist, neben der photogrammetrischen auch die kartographische Bearbeitung auszuführen, wobei so hervorragende Werke wie die Karten aus dem Khumbu Himal in Nepal, vom Huascarán in den Anden oder vom Mount Kenia in Ostafrika entstanden.

Am Institut für Photogrammetrie der Technischen Hochschule München wurden die photogrammetrischen Expeditionsauswertungen kartographisch nicht weiterbearbeitet, was z. B. zur Folge hatte, daß die bereits auf den Expeditionen von 1954 und 1959 aufgenommenen und längst reinzeichnenfertig ausgewerteten Kartenunterlagen aus dem Karakorum bisher nur zu einem kleinen Teil druckfertig gestaltet und veröffentlicht werden konnten. Schon vor dem zweiten Weltkrieg war ein bedeutender Engpaß bei den Auswertungen von Expeditionsaufnahmen entstanden und manche Wissenschaftler, die sich

voll Mühe der Kartenaufnahme eines fernen Hochgebirges gewidmet hatten, mußten viele Jahre auf die Veröffentlichung ihrer Karten warten, weil weder die photogrammetrischen Auswertungen noch deren kartographische Weiterverarbeitung zeitgerecht gesichert werden konnten. Das verwundert nicht, wenn man bedenkt, daß den immer zahlreicher werdenden Hochgebirgs-Expeditionen, die viel neues Aufnahmematerial erbrachten, damals nur die eine Kartenauswertestelle des Alpenvereins in Hannover zur Verfügung stand.

Als mit dem Internationalen Geophysikalischen Jahr 1957/58 eine neuerliche Verstärkung der kartographischen Aufnahmetätigkeit in den Hochgebirgen und Polargebieten einsetzte, wurde an der Technischen Hochschule Dresden eine weitere Auswertestelle geschaffen, die in der Lage ist, sämtliche, bei der Herstellung von Expeditionskarten anfallenden Arbeiten, von der photogrammetrischen Auswertung bis zum Andruck der Karten kurzfristig auszuführen.

Die Berechnung der Grundtriangulationen erfolgt zweckmäßiger Weise durch jene Geodäten selbst, die die Feldarbeiten durchführten oder unter ihrer Anleitung. Das Beispiel der Karakorumtriangulation, die sich durch den Tod Karl HECKLERS so schwer berechnen ließ, zeigt diese Notwendigkeit deutlich. Die Koordinaten der Festpunkte werden an die Auswertestelle geliefert und nun beginnen dort die photogrammetrischen Auswertungen mit der Berechnung der Aufnahmestandpunkte, der Bestimmung von Paßpunkten aus den Meßaufnahmen und den ganzen umfangreichen Arbeiten an einem geeigneten stereoskopischen Auswertegerät. Es wäre natürlich günstig, wenn diese Arbeiten ebenfalls von Expeditionsmitgliedern, die Geländekenntnis besitzen, ausgeführt werden könnten, doch wird dies meist aus zeitlichen und beruflichen Gründen nicht möglich sein. Es gibt kein schöneres Erlebnis für den Photogrammeter, als daheim im Raumbild des Auswertegerätes das von ihm aufgenommene Hochgebirgsgelände gleichsam nochmals zu durchwandern und es dabei kartenmäßig darstellen zu können und deshalb findet er sich immer bereit, zumindest beratend an der photogrammetrischen Auswertung mitzuwirken.

Diese selbst muß von einem erfahrenen Auswerter, einer hauptamtlichen Kraft, durchgeführt werden. Nur wenn man sich vollkommen diesen Arbeiten widmen kann, ist mit einer kurzfristigen Kartenherstellung zu rechnen. Für die Auswertung terrestrisch-photogrammetrischer Aufnahmen werden i. a. Erdbildauswertegeräte verwendet, wie sie z. B. in den bekannten Zeiß-Stereoautographen vorliegen. Es ist sicherlich von Interesse zu erfahren, daß heute noch an den ersten Geräten dieser Art, z. B. am Zeiß-Stereoautographenmodell 1911 ausgewertet wird, wie es mit den Karakorumaufnahmen an der Technischen Hochschule München vor wenigen Jahren geschah. Natürlich werden auch modernere Geräte derselben Herkunft eingesetzt, in Dresden z. B. der Stereoautograph 13/18 von VEB Carl Zeiß, Jena. Es kann aber auch an Luftbildgeräten ausgewertet werden; für die Kartierung der terrestrischen Stereomodelle wurde bei den Karakorumauswertungen in München auch der Stereoplanigraph verwendet und in Dresden der Stereometrograph aus Jena, um eine besonders große Divergenz der Aufnahmeachsen einer Standlinie aus Spitzbergen bewältigen zu können, die in der Größe von 58 am Stereoautographen nicht mehr eingestellt werden konnte.

An diesen Geräten entstehen die sog. Autographenpläne, Auswertungen der Topoaufnahmen mit allen gewünschten topographischen Details, soweit

sie den Meßbildern entnommen werden können. Bei der Karakorumauswertung wurden 6 Autographenpläne im Auswertemaßstab 1 : 50 000 mit einem Höhenlinienabstand von 50 m angelegt, bei der Spitzbergenauswertung ebenso viele Pläne 1 : 25 000 mit einem Höhenlinienabstand von 10 m auf den weiten Gletscherflächen und von 20 m im nicht vergletscherten Gelände größerer Neigung. Da es sich um Gebirge handelt, ist der Hauptinhalt der Autographenpläne die Darstellung des Reliefs, wobei Fels, Schutt, Eis und bewachsenes Gelände unterschieden werden.

Die Kartierung erfolgte bisher meistens auf kaschiertem Zeichenkarton in bunter Tuschezeichnung, wobei zur Erleichterung der anschließenden Reproduktion mit photographisch wirksamen Farben, also z. B. nicht mit Blau gearbeitet wurde. In neuerer Zeit wurde auch die Schichtgravur, meist auf Folie eingesetzt, wobei gleich herausgabefähige Originale einzelner Kartenelemente, z. B. der Höhenlinien, gewonnen werden konnten. Dies ist allerdings nur dann sinnvoll, wenn die Auswertung im Herausgabemaßstab erfolgt.

Häufig wird jedoch in einem größeren Maßstab ausgewertet, was eine nachfolgende photographische Verkleinerung der Autographenpläne erfordert.

Es kommt sehr darauf an, daß der Auswerter solcher Hochgebirgsaufnahmen das nötige topographische Verständnis für diese Landschaft besitzt; am besten ist es natürlich, wenn er sie persönlich kennt und während der Expedition Felderfahrung gesammelt hat. Besonders wichtig war dies in einem so schwierigen und topographisch unübersichtlichen Hochgebirge wie im Karakorum. Dort wurde wohl das Optimum der Auswertung dadurch erreicht, daß der Auswerter, ohne an der Expedition von 1954 teilgenommen zu haben, sich jahrelang mit deren Auswertung befaßte und dabei eine umfassende Kenntnis des Aufnahmegeländes schon in der Heimat erhielt. Dies befähigte ihn zu einer geplanten Feldaufnahmetätigkeit während der Expedition von 1959, wobei er sich Geländekenntnis in der Natur aneignete. Mit diesen Erfahrungen ausgestattet, konnte er die Autographenpläne seiner Karakorumauswertung auch kartographisch so gut ausgestalten, daß sie schon nahezu reproduktionsreife Vorlagen für eine Kartenveröffentlichung ergaben (siehe Abb. 3).

An der Auswertung der Spitzbergenaufnahmen von 1962/65 wirkten zwar jene Wissenschaftler mit, welche die Feldaufnahmen ausgeführt hatten; als hauptamtlicher Auswerter war jedoch eine Geodätin eingesetzt, die an den Expeditionen nicht teilgenommen hatte. Sie gewann während ihrer mehrjährigen Auswertetätigkeit solch gute Geländekenntnis, daß sie in dem weiten Gletscherland des Kongsfjordes bald besser Bescheid wußte, als die meisten Expeditionsmitglieder, die doch nicht überall hingekommen waren, wohin die Topoaufnahmen reichten. Die Genauigkeit der Auswertungen aus Spitzbergen, die am Stereoautographen im Maßstab 1 : 25 000 erfolgten, wurde weniger durch die Aufnahmeentfernung als durch den Zustand der Gletschergebiete beeinflusst; denn das Basisverhältnis der Aufnahmen war fast nie ungünstiger als 1 : 20 gewählt worden. Auf ausgeaperten Gletscheroberflächen mit zahlreichen Spalten und Moränenzügen war die Auswertung ebenso sicher wie in den eisfreien Fels- und Schutthängen; sie erfolgte mit Zeichengenauigkeit. In manchen Firnbecken hingegen fehlte den Meßbildern jedes markante Detail, wie es zur stereophotogrammetrischen Messung erforderlich ist. Auf solch einförmigen Schneeflächen ließen sich die Höhenlinien nur unsicher mit einer Lagegenauigkeit von  $\pm 1$  mm ziehen, weshalb sie in der Karte gerissen wiedergegeben wurden. Schlecht auswertbar waren auch Meßbilder, auf denen große

Kontraste zwischen beleuchteten Schneeflächen und beschatteten Felsen auftraten. Nach den Erfahrungen der ersten Expedition von 1962 wurden dann später solche Aufnahmen, deren Inhalt nur aus Fels und Schnee bestand, bei klarem Wetter doppelt mit verschiedenen Belichtungszeiten gemacht, um auf den Topoplatten eine bessere Durchzeichnung der kontrastierenden Geländeteile zu erzielen.

Da die Stärke und Art der Zerspaltung dieser arktischen Gletscher ein wichtiges Kennzeichen ihrer Bewegungsart bildet, wurde großer Wert auf die Kartierung der Hauptspaltensysteme und der außerordentlich zerrissenen Eisturmzonen (Sérazonen) an den Gletscherrändern gelegt. Letztere konnten nur durch eine schematische Signatur angedeutet werden. Zwischen den Sérazonen ist der Kongsvegengletscher in unzählige riesenhafte Querspalten zerrissen, von denen nur jene mit über 20 m Öffnung exakt kartiert werden konnten. Dort erwies es sich auch als undurchführbar, dieses Spaltengewirr in der Höhenlinienführung nachzuzeichnen. Die Höhenlinien deuten die in der Natur deutlich sichtbare Gletscheroberfläche zwischen den Spalten an, sie sind so geführt, als ob keine Spalten vorhanden wären. Der Versuch, die Zerspaltung auch im Höhenlinienbild wiederzugeben, hätte zu wirren, kaum deutbaren Linienverläufen geführt und wäre nur in einem wesentlich größeren Auswertemaßstab möglich gewesen.

Der Zeitbedarf für die Auswertung der Kartenaufnahmen aus Spitzbergen läßt sich nur zusammen mit der Weiterverarbeitung der Autographenpläne bis zur fertig angedruckten Karte angeben, weil die photogrammetrischen und kartographischen Auswertearbeiten Hand in Hand durchgeführt wurden, um die Fertigstellung der Karten zu beschleunigen. Nach Rückkehr der ersten Expedition im Herbst 1962 wurden die Berechnung der Triangulation sowie die photogrammetrische und kartographische Bearbeitung des Blattes 1 : 10 000 „Mittlerer Lovéngletscher“ in Angriff genommen, dessen Druck im Herbst 1963 erfolgte. Diese Karte bildete eine wichtige Unterlage für die Arbeiten der Expedition von 1964/65 [5]. Nach deren Rückkehr im Sommer 1965 waren alle photogrammetrischen Aufnahmen des Inneren Kongsfjordes und seiner Gletscherumrahmung vorhanden, so daß die Bearbeitung der Hauptkarten begonnen werden konnte. Es war dies ein Blatt 1 : 50.000 „Kongsvegen-Kronebreen“ [7], welches im Jahre 1966 angedruckt vorlag und der beiden Blätter 1 : 25 000 „Indre Kongsfjorden“ [7], deren Druck ein Jahr später erfolgte. Zwei Jahre nach Abschluß der Expeditionen lagen alle dabei aufgenommenen Karten gedruckt vor, wobei hier verschiedene kleinere Blätter, die ebenfalls bearbeitet worden waren, nicht erwähnt wurden.

Der Zeitraum nur eines Jahres für die Ausarbeitung einer Expeditionskarte bis zum Druck scheint ein gewisses Optimum zu sein und ist wohl nur in einem so übersichtlichen Gebirgsgelände zu erreichen, wie es z. B. Westspitzbergen darstellt. Denn auch die Auswertung der Kartenaufnahme des Gänsegletschers in Südspitzbergen erforderte für die Berechnung der Aufnahme standpunkte und für die Konstruktion des Autographenplanes nur einen Zeitraum von 5 Wochen. Diese Karte lag ebenfalls bereits ein Jahr nach Abschluß der Expedition gedruckt und veröffentlicht vor [8].

Es war eine außerordentliche Leistung der Innsbrucker Alpenvereinskartographie, die hervorragende Karte des Chomolongma — Mount Everest — 1 : 25 000 [9] innerhalb von nur 2 Jahren nach Abschluß der Feldarbeiten herauszubringen. Sie wurde von E. SCHNEIDER 1955 auf einer Himalajaexpedi-

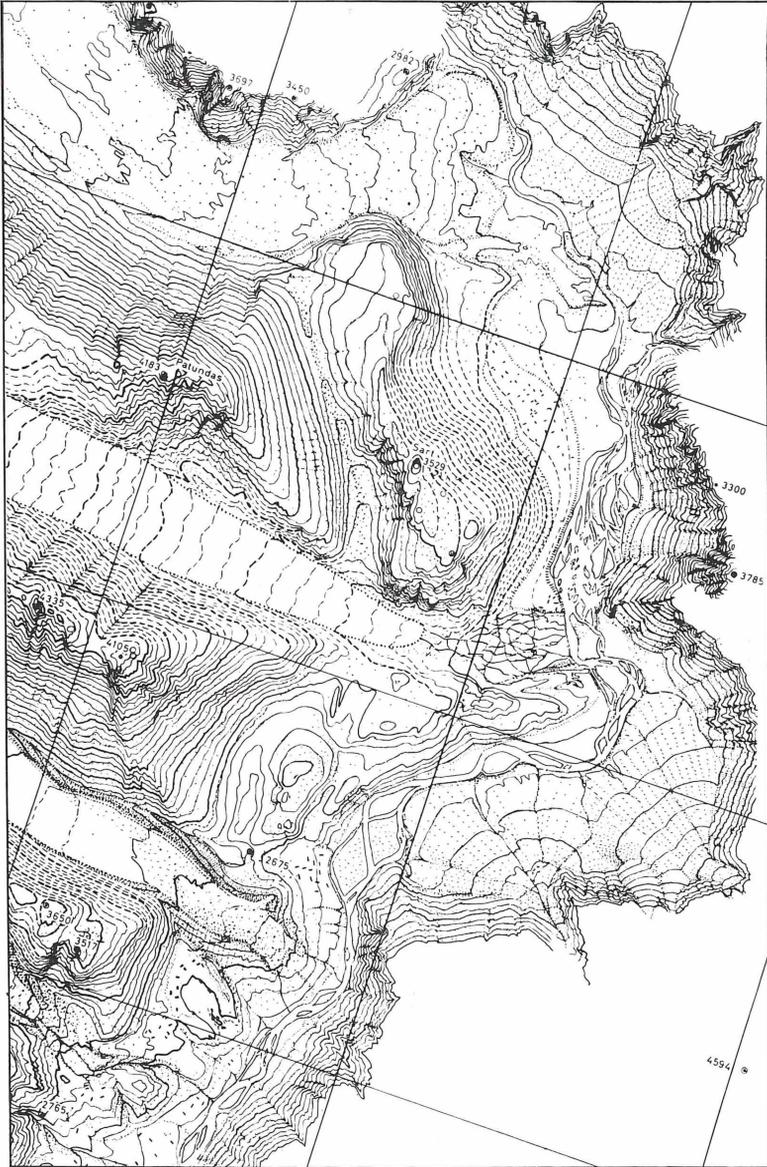


Abb. 3. Verkleinerter Ausschnitt 1:100 000 aus dem Autographenplan der Karakorum-Expedition 1954 vom Ostteil des Arbeitsgebietes mit den Zungenenden von Batura-, Fasu- und Ghulkingletscher im Hunzatal. Die Originalauswertung, die H. BAUMERT, München ausführte, ist mehrfarbig und hat den Maßstab 1 : 50 000.



tion terrestrisch-photogrammetrisch aufgenommen und anschließend am Stereoaerogramm der Technischen Hochschule München ausgewertet. Für die Herstellung der Autogrammenpläne 1:10 000 dieses über 300 km<sup>2</sup> umfassenden schwierigen Geländes des höchsten Berges der Erde benötigte E. SCHNEIDER nach eigenen Angaben ungefähr 600 Stunden [10], wobei zu berücksichtigen ist, daß hier ein äußerst erfahrener Fachmann der Hochgebirgstopographie mit maximalen, während der Felddaufnahme erworbenen Geländekenntnissen am Werke war. F. EBSTER [11] gibt als Bearbeitungszeit für die Gestaltung der Karte (Felszeichnung, Farb- und Schriftplatten, schattenplastische Reliefdarstellung) 5 Monate an, wobei er noch dazu die gesamte Arbeit allein leistete. Auch diese außerordentlich kurze Frist ist nur den jahrzehntelangen Erfahrungen F. EBSTERS als Alpenvereinskartograph und als Gestalter zahlreicher Hochgebirgs-Expeditionskarten zu danken.

Die verschiedenen Beispiele aus Spitzbergen und aus dem Himalaja zeigen, daß es bei entsprechender Organisation der Auswertearbeiten möglich ist, Expeditions-Felddaufnahmen kurzfristig, je nach Schwierigkeit des Geländes binnen ein bis zwei Jahren, zu gedruckten Kartenblättern des Forschungsgebietes auszuarbeiten. Sollte sich bei den Auswertungen herausstellen, daß die Feldarbeiten nicht richtig angelegt waren oder große Lücken aufweisen, so gibt das natürlich Verzögerungen im Erscheinen der Karten. Vielfach sind solche Verzögerungen aber auch auf die Arbeit der Auswertestelle, auf deren ungenügende Ausstattung mit photogrammetrischen und kartographischen Geräten oder auf Personalschwierigkeiten zurückzuführen.

### 3. Die Gestaltung der Expeditionskarten

Die Frage, wie die photogrammetrischen Auswertungen — die Autogrammenpläne und ähnliche Unterlagen — zu Karten ausgestaltet werden, ist davon abhängig, welchem Zweck diese Karten dienen sollen. Meist werden topographische Karten der Forschungsgebiete angefertigt, wobei jedoch beträchtliche Unterschiede in der Auffassung bestehen, wie solche Karten bisher unerschlossener Hochgebirge aussehen sollen. Die American Geographical Society gab 1960 neun Gletscherkarten 1:10 000 aus Alaska und den Rocky Mountains heraus [12], bei denen das Gelände außerhalb der eigentlichen Gletscherkörper nur durch einen nackten Höhenlinienplan ohne Andeutung von Moränen, Schutt, Fels oder Bewachsung dargestellt wurde. Es handelte sich dort um Vermessungsgrundlagen für weitere glaziologische Arbeiten und nicht um vollständige topographische Karten, die eine richtige Vorstellung des aufgenommenen Hochgebirgsgebietes vermitteln würden.

Durch die Alpenvereinskartographie in den Ostalpen und durch die von ihr angeregte, schon seit fünf Jahrzehnten betriebene Kartenaufnahmetätigkeit in alpenfernen Hochgebirgen wurden hohe Maßstäbe hinsichtlich der Kartendarstellung gesetzt. Man kann diese Art der Wiedergabe eines Hochgebirgsgebietes als mitteleuropäischen Stil bezeichnen, der z. B. auch von der Schweiz gepflegt und entwickelt wird, wie die dort hergestellte Karte des Mount Mc Kinley 1:50 000 aus Alaska zeigt [13].

Neben dem Bestreben, gute topographische Darstellungen der Hochgebirgslandschaft zu schaffen, tritt bei Forschungsunternehmungen häufig auch das Bedürfnis nach Spezialkarten thematischer Art auf. Dabei sind Übergänge von topographischen zu thematischen Karten festzustellen, d. h. in topographische

Grundlagen werden einige thematische Elemente übernommen, wie es auf Gletscherkarten vielfach üblich ist. Manchmal werden aber auch von vornherein thematische Darstellungen ins Auge gefaßt; dazu ist notwendig, daß schon im Gelände die entsprechenden thematischen Sachverhalte aufgenommen werden. So geschah es z. B. richtungweisend mit der vegetationskundlichen Kartierung der Nanga Parbat Gruppe durch C. TROLL im Jahre 1937 auf Grund der 1934 aufgenommenen Expeditionskarte Richard FINSTERWALDERS [14].

Aus den bereits geschilderten Feldaufnahmen der Expeditionen ins Karakorumgebirge und nach Spitzbergen entstanden Karten aller erwähnten Kategorien. Im folgenden sei auf einige gestalterische Eigenheiten sowohl topographischer als auch thematischer Expeditionskarten dieser Gebiete eingegangen.

Für die erste aus dem NW-Karakorum veröffentlichte Karte, das Blatt Minapin 1 : 50 000, welches von H. J. SCHNEIDER 1967 herausgegeben wurde [15], standen die Auswertungen H. BAUMERTS der Feldaufnahmen von 1954 und 1959 zur Verfügung. Wie oben bereits erwähnt wurde, enthalten diese Autographenpläne schon so viele kartographische Details, daß daraus ohne Schwierigkeit unter gleichzeitiger Benutzung der Expeditions-Stereoaufnahmen eine gute topographische Karte abgeleitet werden konnte. Ihre Felszeichnung soll, wie H. J. SCHNEIDER betont, nur als Versuch für die noch zu schaffende große Expeditionskarte 1 : 100 000 des ganzen Forschungsgebietes gewertet werden. Sicherlich ist sie noch ausbaufähig und das gilt z. B. auch für die Wiedergabe verschiedener sehr markanter eiszeitlicher Moränenwälle, die auf den Topoaufnahmen deutlicher zu erkennen sind, als in der Karte. Die kartographische Ausgestaltung des Hochgebirgsgeländes bedeutet natürlich auch eine Zeit- und Kostenfrage. Nicht immer stehen gute Felszeichner zur Verfügung, und wenn die Expeditionskarte rasch erscheinen soll, so kann ihrer Herstellung manchmal nicht so viel Zeit gewidmet werden, wie es bei den Karten einer Landesaufnahme meistens geschieht.

Ein besonderes Anliegen dieser Karte ist es, — und das geht über das sonst bei Expeditionskarten Übliche hinaus — den farblichen Gesamteindruck des extremen Hochgebirgsraumes, d. h. den geographischen Kontrast zwischen den heiß-trockenen Tiefenzonen und den kalt-feuchten Hochlagen zum Ausdruck zu bringen. Dies gelang dadurch, daß den von Wüstensteppe eingenommenen Talregionen ein gebrochener Graugelb-Ton gegeben wurde, in den sich das Graugrün der Bewässerungsoasen gut einfügt. Sehr anschaulich und wirkungsvoll wäre es, wenn das Hauptnetz der Bewässerungskanäle wiedergegeben werden könnte; zumindest die topographisch höchsten Kanäle sind auf den Meßbildern zu erkennen, da sie das Anbauland gegen die Wüstensteppe scharf abgrenzen. Die zunehmende Feuchtigkeit bis in 4000 m Höhe wird durch flächenhaft dünn eingestreute Vegetationssymbole in Olivgrün angedeutet; sie bezeichnen die Wacholderbestände in der Artemisiasteppe und die subalpine Birken-Weidenvegetation. Isolierte Nadelholzbestände, die nördlichsten ihrer Art im Karakorumgebirge, werden durch Baumsymbole und einen graugrünen Flächenton besonders hervorgehoben.

An Blatt Minapin 1 : 50 000 wurden wichtige Kartengestaltungsfragen erprobt, was der noch zu bearbeitenden Karte 1 : 100 000 des ganzen NW-Karakorums zugute kommen wird. Richtungweisend für diese neue Karte ist auch die Wiedergabe der Namen auf Blatt Minapin, die nach dem Vorschlag eines

Indologen und Kenners der dort herrschenden Sprachen Burushaski und Shina erfolgte. Gerade in den zentralasiatischen Gebirgen ist die Schreibweise geographischer Namen vielfach noch sehr unsicher, ganz abgesehen davon, daß manche der hohen Gipfel bisher noch keine amtlichen Namen besitzen.

Während im Karakorum, dem am stärksten vergletscherten außerpolaren Gebirge, etwa 28% der Fläche mit Eis und Schnee bedeckt sind, nimmt die Vergletscherung im Inneren Kongsfjord auf Westspitzbergen mindestens 75% der Landfläche ein. Auf der Karte Kongsvegen-Kronebreen 1 : 50 000 [6] mußte also besonders auf eine anschauliche Wiedergabe des Eisstromnetzes großer arktischer Gletscher geachtet werden. Diese Karte entstand aus den Feldaufnahmen der Deutschen Spitzbergenexpeditionen 1962/65 und aus deren anschließender photogrammetrischer Auswertung.

Die Wiedergabe der weiten Gletscherflächen verlangte eine gute Differenzierung des Unterschiedes zwischen rasch und langsam bewegten Gletschern, der auch in der Natur sehr auffällig ist. Erstere sind stark zerspalten und vor allem an den Rändern zerrissen, letztere entwickeln auf der unzerspaltenen Oberfläche zahlreiche Ablationsgerinne. Die Gletscher wurden durch Höhenlinien in Dunkelblau, durch eine schattenplastische Reliefdarstellung in Blaugrün und durch eine Strukturzeichnung der Zerspaltung in derselben Farbe wiedergegeben. Da die Schattenplastik den Gletscherkörper am anschaulichsten kennzeichnet, war es zweckmäßig, die Gletscherstrukturzeichnung mit der Schummerungsplatte zusammenzukopieren und in der gleichen Farbe zu drucken. Nur dadurch wurde es möglich, die dunkelblau gedruckten Höhenlinien und Ablationsgerinne deutlich von dem blaugrünen Eiston samt seiner Zerspaltung abzuheben.

Die Moränen auf den Gletschern und in deren Vorland sowie die Schuttmassen der Berghänge wurden als Gegengewicht gegen die kalten Eistöne der großen Gletscherflächen in warmer brauner Farbe wiedergegeben. In dem gleichen Farbton sind auch die Höhenlinien der schuttbedeckten Gebiete gehalten. Schwarze Höhenlinien dienen zusammen mit einer braunen Felszeichnung zur Kennzeichnung der Felsen, die für die Landschaft charakteristisch sind. Es handelt sich dabei um zwei unterschiedliche Hauptfelsarten, nämlich flach liegende gebankte Marmorkalke und stärker zerrunzte Glimmerschiefer und Phyllite. Bei letzteren ließ sich die Felszeichnung mit den Felshöhenlinien gut verbinden; die Kombination von Höhenlinien und höhenlinienparallelen Marmorbändern hingegen führte zu schwer lesbaren Kartenbildern, weshalb im Bereich der flach liegenden Felsbänke die schwarzen Felshöhenlinien weggelassen wurden. Die braunen Schutthöhenlinien reichen dort für Meßinformationen aus. Sie fügen sich zusammen mit der Felsdarstellung gut dem grauen schattenplastischen Relief ein, der die Gebiete außerhalb der Gletscher kennzeichnet.

War in der Karte 1 : 50 000 versucht worden, eine gute Wiedergabe der landschaftlichen Eigenheiten dieser arktischen Gletschergebiete zu erreichen, wozu u. a. auch die Felsdarstellung gehört, so wurde mit der Herstellung der beiden Kartenblätter Indre Kongsfjorden 1 : 25 000 [7] ein etwas anderer Zweck verfolgt. Diese Karten sollten in erster Linie alle Informationen enthalten, die für weitere glaziologische Untersuchungen erforderlich sind, welche an diesen Gletschern in späteren Jahren vorgenommen werden sollten. Dazu gehört eine möglichst gute Höhenliniendarstellung des Reliefs, sowohl auf den Gletschern als auch in den nicht vergletscherten Gebieten. Denn Höhen-

Veränderungen der Gletscher werden sich in Zukunft nur dann flächenhaft über das ganze Arbeitsgebiet ermitteln lassen, wenn es möglich ist, die Höhenlinien einer neuen photogrammetrischen Aufnahme und Auswertung auf die Höhenlinien der eisfreien Gebiete unserer Karte einzupassen. Die wenigen geodätisch bestimmten Festpunkte allein würden dafür nicht ausreichen. Stimmen also die alten und die neu gewonnenen Höhenlinien in den Felsgebieten überein, so lassen sich Aussagen über die Höhenveränderungen der Eisoberfläche gegenüber der Vergleichskarte machen.

Aus diesem Grund wurde in den Blättern 1 : 25 000 die Höhenliniendarstellung der photogrammetrischen Auswertung ohne Abänderung übernommen, d. h. 20 m-Haupthöhenlinien im ganzen Gebiet und 10 m-Linien zusätzlich auf den flachen Gletscherteilen, getrennt in die drei üblichen Farben Blau für Gletscher, Braun für Schutt und bewachsenes Gelände, Schwarz für Felsgebiete. Auf eine weitere Kennzeichnung der Felsen wurde aus den oben angegebenen Gründen verzichtet, denn gerade die Felshöhenlinien müssen möglichst klar erscheinen, um später als Unterlage für die Einpassung neu aufgenommener Höhenlinien dienen zu können.

Die Karte, welche wegen ihres großen Formats (Doppelblatt  $75 \times 110$  cm) aus 1 bis 1,5 m Entfernung betrachtet werden soll, wurde auf eine gewisse Fernwirkung hin bearbeitet. Die linearen Elemente sind deshalb etwas kräftiger gehalten als es sonst bei topographischen Karten des Maßstabes 1 : 25 000 üblich ist. Aus dieser Betrachtungsentfernung schließen sich die schwarzen Höhenlinien bereits zu Felsgebieten zusammen. Auch hier läßt eine schattenplastische Darstellung in zwei Farben das Relief der Gletscher und ihrer Bergumrahmung anschaulich hervortreten.

Schon 1965 war das Zungenende des Kongsvegen-Gletschers kartographisch im Maßstab 1 : 25 000 dargestellt worden [16], und in diese an sich topographische Karte wurden Geschwindigkeitsvektoren der Gletscherbewegung in Form roter Pfeilscharen eingetragen. Dieses thematische Element ergänzt die Kartendarstellung des außerordentlich zerrissenen Gletschers in aufschlußreicher Weise, denn die Geschwindigkeitsvektoren lassen eine Tagesbewegung des Gletschers von 4 m erkennen und deuten damit die Ursache für die Zerreißung der Gletscheroberfläche an.

Diese Gletscherkarte kann man noch nicht als echte thematische Darstellung bezeichnen; während der deutschen Spitzbergenexpeditionen wurden jedoch auch vollgültige thematische Karten aufgenommen, und zwar handelt es sich um periglazialmorphologische Karten sehr großen Maßstabes, die der Darstellung des Strukturbodenreliefs dienen.

Um eine geomorphologische Spezialkarte herstellen zu können, muß zunächst eine topographische Kartenunterlage vorhanden sein. Diese wurde im Falle der Karte Periglaziallandschaft Irgensfjellet im Maßstab 1 : 1500 [17] durch Auswertung terrestrisch-photogrammetrischer Aufnahmen geschaffen, wobei aber nicht nur die üblichen topographischen Kartenelemente, sondern auch wichtige thematische zur Darstellung kamen. Die photogrammetrische Auswertung wurde bei der Kartierung des sehr detailliert darzustellenden Strukturbodenreliefs durch jene Geographen beraten, die im Aufnahmegelände petrographische und bodenkundliche Untersuchungen vorgenommen hatten, deren Ergebnisse ebenfalls in die Karte aufgenommen wurden.

Die photogrammetrische Auswertung war im Maßstab 1 : 1250 erfolgt, wobei ein Autographenplan entstand, der die Großformen des Reliefs mittels

2 m-Höhenlinien und die Steinringe und -streifen des Strukturbodens durch lagetreue Punktdarstellung wiedergab.

Für den Kartendruck im Maßstab 1:1500 wurde folgende Farbaufgliederung vorgenommen: das von Moränen bedeckte Gebiet der Irgensfjellhochfläche wurde durch braune Farbtöne gekennzeichnet, während die anstehenden Kalke und ihre Schuttmassen violette und bläuliche Töne erhielten. In der durch hellbraune Tönung dargestellten Moränen-Feinerdedecke liegen feinerdefreie Schuttstreifen, Schuttpolygone und Blockpackungen, die durch dunkelbraune Punkte wiedergegeben wurden. An den Graten und Steilstufen, die sich über den flachen Talwannen erheben, tritt Kalkstein in charakteristischen Felsrippen hervor, was durch eine in Streichrichtung des Gesteins verlaufende Mauersignatur in violetter Farbe angedeutet wurde. Punktefelder in derselben Farbe geben die Kalkscherbenschuttdecke der Steilhänge wieder, unter denen sich auf den flachen Unterhängen feinerde-verfüllte Schuttdecken mit Steinzügen ausbreiten. Diese Decken wurden in hellblauer Tönung mit violetten Punktreihen für die Steinpolygone und -streifen dargestellt. Die petrographisch unterschiedlichen Teile des Strukturbodenreliefs werden somit durch verschiedenartige Farbgebung deutlich gemacht. Schwarze Höhenlinien von 2 m Abstand kennzeichnen die Großformung des Reliefs, und seinen flachen Wannan entspricht auch die Anordnung der Streifen und -ringe in den Strukturbodenfeldern. Um die Rauigkeit der periglazialen Reliefoberfläche anschaulich zum Ausdruck zu bringen, wurde bewußt auf eine Glättung der photogrammetrisch gewonnenen Höhenlinien verzichtet.

Diese fünffarbige Karte gibt wohl erstmalig ins Einzelne gehende Informationen über die Anordnung der Kleinformen eines aktiven Strukturbodenreliefs. Sie erwies sich als unentbehrlich für die Untersuchungen zur Morphologie der periglazialen Auftauschicht und zeigte darüber hinaus, daß auf Hochgebirgsexpeditionen neben der selbstverständlichen Herstellung topographischer Karten auch die Aufnahme thematischer Sachverhalte und deren Kartendarstellung möglich und wissenschaftlich sinnvoll ist.

#### 4. Zusammenfassung

Forschungsreisen in außeralpine Hochgebirge führen meist in kartographisch wenig erschlossene Gebiete. Auf solchen Unternehmungen werden häufig Kartenaufnahmen durchgeführt, um die notwendigen Unterlagen für die wissenschaftliche oder wirtschaftliche Erschließung dieser Gebiete zu schaffen. Das geschieht in den meisten Fällen nicht in der Art moderner topographischer Landesaufnahmen, sondern expeditionsmäßig, bedingt durch die Geländeschwierigkeiten, die Unerforschtheit der Gebirge, den kurzen für die Feldarbeiten zur Verfügung stehenden Zeitraum und die geringe Zahl der Fachkräfte, die hierbei eingesetzt werden können.

Trotzdem ist es in allen Hochgebirgen möglich, Festpunktfelder durch Triangulationen zu schaffen, die nach Möglichkeit an Festpunkte vorhandener Landesaufnahmen angeschlossen werden. Die topographische Aufnahme bedient sich zumeist des Verfahrens der terrestrischen Stereophotogrammetrie, weil Luftaufnahmen i. a. aus ökonomischen Gründen ausscheiden.

Es wird über Erfahrungen bei der Anlage expeditionsmäßiger Triangulationen und bei darauf aufbauenden terrestrisch-photogrammetrischen Kartenaufnahmen aus dem nordwestlichen Karakorumgebirge und aus Westspitzbergen

berichtet. Dabei wird deutlich gemacht, daß die anschließenden photogrammetrischen Auswertarbeiten und die Gestaltung der Expeditionskarten bis zum Druck mit derselben Intensität betrieben werden sollten, wie die Feldaufnahmen. Denn deren großer Aufwand ist nur dann zu rechtfertigen, wenn die gedruckten Karten der Forschungsgebiete bereits wenige Jahre nach Abschluß einer Forschungsreise vorliegen.

### 5. Literatur

- [1] SCHNEIDER, H. J. und BAUMERT, H.: Die Expeditionskarte Minapin NW-Karakorum 1:50.000. Z. f. Verm.Wes. 93, 1968, H. 11.
- [2] SCHNEIDER, E.: Begleitworte zur Karte Khumbu Himal I 1:50.000. In: „Khumbu Himal, Ergebnisse des Forschungsunternehmens Nepal“. 1. Bd. Lief. 5, München 1967.
- [3] MEIER, S.: Terrestrische Photogrammetrie an einem arktischen Gletscher während der Polarnacht. Bildm. u. Luftbildwes., 33, 1965.
- [4] PILLEWIZER, W.: Beobachtungen am Jostedalbre in Südnorwegen. Z. f. Gletscherk. u. Glazialgeol. II, H. 1, 1952.
- [5] *Der mittlere Lovéngletscher, Kingsbay/Westspitzbergen* 1:10.000. Kartenbeilage in „Deutsche Spitzbergenexpedition 1962, Hydrometeorologische Arbeiten“. NKG/DDR Reihe III, H. 2, 1966.
- [6] *Kongsvegen-Kronebreen* 1:50.000. Kartenbeilage zu Aufsatz von W. PILLEWIZER in Pet. Mitt. 1967, H. 2.
- [7] *Indre Kongsfjorden* (Vestspitsbergen) 1:25.000. Kartenbeilage in 2 Blättern zu NKG Reihe III, H. 9, (Ergänzungen zum Teil 1) Berlin 1969.
- [8] *Der Gänsegletscher im Hornsund, Südspitzbergen* 1:25.000. Kartenbeilage zu W. PILLEWIZER: Die kartogr. u. gletscherkundl. Ergeb. d. D. Spitzbergenexped. 1938. Pet. Mitt. Erg.H. 238, 1939.
- [9] *Chomolongma-Mount Everest* 1:25.000. Kartenbeilage zu Jb. des Deutschen Alpenvereins 1957.
- [10] SCHNEIDER, E.: Mahalangur Himal. Begleitworte zur Alpenvereinskarte des Everestgebietes 1:25.000. Jahrb. d. D. Alpenvereins 1957 und Jahrb. d. O. Alpenvereins 1957.
- [11] EBSTER, F.: Die Chomolongma-Mount Everest-Karte des Alpenvereins. Jb. d. D. Alpenvereins 1957, S. 12-14 und Jahrbuch d. O. Alpenvereins 1957, S. 13-24.
- [12] *American Geogr. Society: Nine glacier maps with text.* Spec. Publication 34, New York 1960.
- [13] *Mount McKinley, Alaska, 1:50.000.* A reconnaissance topographic map, surveyed and edited by Bradford Washburn. Photogrammetry, cartography and printing by Eidgen. Landestopographie Wabern bei Bern 1960.
- [14] *Vegetationskarte der Nanga-Parbat-Gruppe* 1:50.000. Aufgenommen von C. TROLL, Deutsche Himalaya-Expedition 1937. Wiss. Veröff. D. Mus. f. Länderk. Leipzig, N. F. 7, 1938.
- [15] *Minapin (Rakaposhi Range) 1:50.000,* NW-Karakorum. Herausgegeben von H.-J. SCHNEIDER, Berlin 1967.
- [16] *Das Zungenende des Kongsvegen-Gletschers* 1:25.000. Kartenbeilage zum Aufsatz W. PILLEWIZERS „Die Kartenaufnahme in unerschlossenen Gebieten“. Kart. Nachr. 15, 1965, H. 2.
- [17] *Periglaziallandschaft Irgensfjellet* 1:1500. Kartenbeilage zu K. HERZ u. G. ANDREAS: Untersuch. z. Morphologie der periglazialen Auftauschicht im Kongsfjordgebiet, Westspitzbergen. Pet. Mitt. 110, 1966, H. 3.

### Summary

#### Mapping High Mountains during Expeditions

High mountain expeditions mostly lead to regions little developed cartographically. During such expeditions maps are often provided required for the scientific or economic development of these mountains. In most cases this is not done by means of modern topographic mapping but by expedition methods, due do difficult terrain, the unexplored nature of high mountains, the short time available for field work and the small number of experts.

Nevertheless in all high mountains it is possible to establish survey control by triangulations which ought to be connected to control points of existing national geodetic surveys. They provide the basis for the topographic survey which mostly employs the method of terrestrial photogrammetry as aerial photographs are generally rejected for economic reasons.

Experiences gained during expeditions to the northwestern Karakoram and to Westspitsbergen are reported. Emphasis does not lie only on the field survey activities but also on the evaluation of photogrammetric surveys and

their transformation into printed maps. This should be done with the same intensity as the field surveys, the large amount of which is only worth while to be expended, if the topographic maps of the explored region are available in a printed form a few years after the end of an expedition.

### R é s u m é

#### **Expériences faites dans le levé cartographique en haute montagne au cours d'expéditions**

Les expéditions en haute montagne outre-alpine touchent très souvent des régions, dont on ne dispose que peu de données cartographiques. Au cours des telles expéditions on entreprend en général des levés cartographiques pour mettre au point les documents nécessaires pour l'exploitation scientifique et économique de ces régions. La plupart du temps il est impossible de mettre en oeuvre les méthodes modernes du levé topographique, et l'on se sert des procédés classiques éprouvés au cours de nombreuses expéditions, a cause du terrain difficile, inexploré et du temps réduit dont on dispose ainsi qu'à cause du petit nombre de spécialistes ayant la possibilité de prendre part à une telle expédition.

Néanmoins on peut établir des réseaux de triangulation en haute montagne que l'on raccorde, autant qu'il est possible, aux points de repère d'ordre supérieur. Dans le levé topographique on se sert le plus souvent de la stéréophotogrammétrie terrestre, parce qu'en général les prises de vues aériennes ne sont pas rentables.

Le présent travail donne les expérience rassemblées dans l'établissement de réseaux de triangulation et dans le levé cartographique à l'aide de la photogrammétrie terrestre au cours de expéditions dans la partie nord-ouest de la chaîne de montagnes de Karakoroum et au Spitzberg occidental.

Il est mis en lumière que les travaux de restitution et l'établissement des cartes d'expédition — y compris l'impression — devraient être entrepris avec autant d'intensité comme les travaux sur le terrain, car on ne peut justifier tous les efforts que dans le cas où les cartes des régions en question sont disponibles déjà peu d'années après la fin de l'expédition.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1970

Band/Volume: [112](#)

Autor(en)/Author(s): Pillewizer Wolfgang

Artikel/Article: [Erfahrungen mit kartographischen Hochgebirgsaufnahmen auf Forschungsreisen 253-271](#)