

HOCHGEBIRGS - LUFTBILDKARTEN von W. Pillewizer

Mit Beilage "Luftbildkarte Großvenediger 1:10 000" [1]
in der Tasche am Ende des Heftes.

In der Einleitung zum Themenkreis "Orthophototechnik in der Kartographie" wurde darauf hingewiesen, daß bei dieser Technik zwei Anwendungsbereiche zu unterscheiden sind, nämlich die direkte Kartierung aus Orthophotos und die Herstellung von Luftbildkarten. Beides wurde bisher im Hochgebirge noch kaum geübt. Das Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik führte deshalb zu beiden Anwendungsbereichen Untersuchungen durch, die einerseits der Fels- und Schuttdarstellung im Hochgebirge und andererseits der Herstellung von Luftbildkarten vergletscherter Gebiete galten.

Da alle für eine Hochgebirgskarte wesentlichen Strukturen auf den Luftbildern und damit auf den Orthophotos sichtbar sind, lag der Gedanke nahe, das Orthophoto selbst als Kartenhintergrund zu wählen, also **H o c h g e b i r g s l u f t b i l d - k a r t e n** zu schaffen. Luftbildkarten aus weniger bewegten Gebieten wurden bereits in großer Zahl hergestellt. Im Hochgebirge treten jedoch bei der Verwendung eines Orthophotos als Kartenhintergrund bedeutende Schwierigkeiten auf, sodaß bisher der Herstellung von Hochgebirgsluftbildkarten nicht näher getreten wurde.

Diese Schwierigkeiten werden durch die im Steilgelände kaum vermeidbaren Abbildungsfehler bei der Orthophotoherstellung durch die großen, zu überwindenden Höhenunterschiede, durch die in eintönigen Schnee- und Schattenflächen fast stets auftretende Streifenbildung und durch den Schattenwurf in den Luftbildern verursacht. Wie im folgenden gezeigt wird, lassen sich diese Schwierigkeiten überwinden. Trotzdem wird die Herstellung von Hochgebirgsluftbildkarten nur dann sinnvoll sein,

wenn durch solche Karten eine größere Aussagekraft und Anschaulichkeit des Dargestellten für bestimmte Zwecke erreicht wird, als durch die herkömmliche Hochgebirgskarte.

Ein solcher Zweck ist sicherlich in der vollkommenen Art der Darstellung von Gletschern gegeben, die durch das Luftbild ermöglicht wird. Die Spalten- und Moränenstrukturen, die Ablationstexturen und das verschiedenartige Aussehen der Gletscheroberfläche infolge Bedeckung durch Neuschnee, Altschnee, Firn usw. werden auf dem Luftbild in einer Weise wiedergegeben, wie es in keiner Strichkarte erreicht werden kann. Diese Erscheinungen der Gletscheroberfläche sind von größter Bedeutung für die Glaziologie, doch sind sie sicherlich auch von Interesse für den Bergsteiger und Schiläufer. Die Herstellung von Luftbildgletscherkarten scheint deshalb eine lohnende Aufgabe für wissenschaftlich-gletscherkundliche und für touristische Zwecke zu sein. Siehe auch das von RÜD. FINSTERWALDER gestaltete Orthophoto Gepatschferner 1:7 500 [2].

Am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU Wien wurde 1974 mit der Bearbeitung von Luftbild-Gletscherkarten aus dem Großvenedigergebiet in den Hohen Tauern begonnen. Als Arbeitsgebiet wurde das Untersulzbachkees, ein 5 km langer Talgletscher ausgewählt. Er entspringt unter dem Großvenedigergipfel (3663 m) und endet in 2145 m Höhe im Untersulzbachtal. Dieser Gletscher, der gegenwärtig im Vorrücken begriffen ist, zeichnet sich durch eine Folge von Eisbrüchen und Flachstellen aus, woraus auf einen Stufenbau des Untersulzbachtales geschlossen werden kann. Durch seine Firmulden verläuft der Hauptanstieg von der Kürsinger Hütte auf den Großvenediger; der Gletscher wird in seinem oberen Teil daher sommers wie winters stark begangen, während die tief im Untersulzbachtal liegende Zunge wenig besucht wird. Sie weist jedoch glaziologisch interessante Erscheinungen auf, weshalb die Herstellung einer Luftbild-Gletscherkarte sowohl aus touristischen als auch aus gla-

ziologischen Gründen wünschenswert erschien. Letztere Gründe führten auch zur Wahl des Kartenmaßstabs 1:10 000, wie er für eine glaziologische Arbeitskarte erforderlich ist. Für touristische Zwecke könnte der Maßstab solcher Luftbildkarten kleiner sein, wobei jedoch 1:25 000 nicht unterschritten werden sollte, da sonst der detaillierte Luftbildinhalt nicht mehr voll ausgenutzt werden könnte.

Die Luftbildkarte Großvenediger umfaßt im Maßstab 1:10 000 das ganze Untersulzbachkees mit den Gipfeln von Groß- und Kleinvenediger, das Obersulzbachkees bis ins Gelände der Kürsingerhütte und das Gebiet des Keeskogels (3291 m). Bei einem Innenformat von 48 x 55 cm stellt sie 26,5 km² vergletschertes Hochgebirgsgelände dar. Sie wurde anlässlich der Geodätischen Informationstage 1976 an der Technischen Universität Wien der Öffentlichkeit vorgestellt und diente im Sommer des gleichen Jahres bereits glaziologischen und touristischen Zwecken. (Siehe Beilage)

Die Luftaufnahmen für diese Karte wurden im September 1974 mittels Weitwinkelobjektiv im mittleren Bildmaßstab von 1:30 000 gemacht. Die Paßpunktbestimmung war bereits im August 1974 bei Schönwetterlage und gutem Ausaperungszustand der Gletscher erfolgt. Unmittelbar vor dem Aufnahmeflug verursachte ein Wettersturz Neuschneefall bis auf 2100 m Seehöhe, sodaß beim Bildflug durch die Österreichische Landesaufnahme eine Neuschneedecke die Gletscher und ihre Umgebung einhüllte. Dadurch wurde nicht nur die Identifizierung der Paßpunkte auf den Luftbildern sehr erschwert, sondern es war auch nicht mehr jener wünschenswerte Ausaperungszustand der Gletscher gegeben, wie er noch im August 1974 vorhanden gewesen war. Mit solchen Neuschneefällen ist im Hochgebirge auch während des Sommers zu rechnen, was dort zweifellos eine weitere Erschwerung für die Luftbildkartenherstellung bedeutet.

Es stellte sich heraus, daß die Luftbilder von 1974 trotz der

Neuschneedecke ausreichende Informationen über die Oberflächenformen der Gletscher enthalten. Sie haben außerdem den großen Vorteil, daß auf ihnen fast keine Schlagschatten auftreten. Das war durch eine genaue Planung des Befliegungszeitpunktes in Hinsicht auf den günstigsten Sonnenstand ermöglicht worden. Er wurde mit 10⁴⁵ Uhr ermittelt und auch genau eingehalten. Fast das ganze auf der Karte wiedergegebene Gebiet ist schlagschattenfrei, nur die Nordwände von Groß- und Kleinvenediger werfen etwa 1 cm lange Schatten auf die darunter liegenden Firnbecken. Das stört aber nicht, sondern erhöht sogar den allgemeinen plastischen Eindruck der Karte. Dieser Sonnenstand hat aber auch Nachteile; die Seitenmoränen der Untersulzbachkeeszunge treten nicht deutlich genug hervor, weil der Lichteinfall genau in Streichrichtung dieser Moränenwälle verläuft. In der Karte müssen sie daher durch andere Mittel (Höhenschichtlinien und Böschungsschraffen) dargestellt werden. Durch diesen gletscherparallelen Lichteinfall wird andererseits der auffallende Stufenbau des Gletschers in einem sechsfachen Wechsel von dunklen Steilstellen und hellen Flachstellen sichtbar. Aus dem Zusammenwirken der Spaltenstrukturen des Orthophotos mit den dicht gescharten Höhenschichtlinien ergibt sich das eindrucksvolle Bild eines vielfach gestuften Tauerntales, das von einem mehrere 100 m mächtigen Gletscher erfüllt wird.

Die Höhenschichtlinienauswertung erfolgte am Topocart des Instituts für Photogrammetrie der Technischen Universität Wien. Auf Ober- und Untersulzbachkees wurden die Höhenschichtlinien mit 10 m-, im übrigen Gebiet mit 20 m-Äquidistanz gezogen. Für glaziologische Studien sollen auf Karten des Maßstabes 1:10 000 Gletscher durch 10 m-Linien wiedergegeben werden. Im übrigen Gelände reichen 20 m-Linien aus, weil ja das Relief selbst als Luftbildhintergrund in der Karte sichtbar ist.

Die Luftbildkarte Großvenediger wurde nach Süden orientiert, wobei aus Formatgründen noch eine Drehung um 27⁰ gegen Osten erfolgte, so daß die Karte nach Südsüdost ausgerichtet ist.

Das schräg über die Karte verlaufende Gauß-Krüger-Gitternetz mit 10 cm-Maschenweite, ein kräftiger Nordpfeil und ein Vermerk am Kartenrand machen auf diese Orientierung der Karte aufmerksam.

Bei einer Luftbildkarte von Gebieten nördlich des nördlichen Wendekreises müssen meist Luftbilder verwendet werden, bei denen die Sonne zur Zeit der Aufnahme im Süden stand. Aus diesem Grund fallen die Schatten solcher Luftbilder vom Beschauer fort nach Norden, wenn die Karten, wie üblich, nach Norden orientiert sind. Dies erzeugt jedoch in den meisten Fällen einen Negativeindruck der Schattenplastik, so daß Berg und Tal vertauscht erscheinen. Diese Pseudoplastik ist auch von Karten bekannt, bei denen Beleuchtungsschummerung mit Lichtquelle im Süden verwendet wurde. Aus diesem Grund werden Schummerungskarten fast allgemein mit Lichteinfallrichtung aus NW oder N hergestellt, obwohl die Sonne auf der nördlichen Halbkugel dort nur sehr selten steht und die südliche Lichteinfallrichtung viel natürlicher wäre. Da man in Luftbildkarten den Sonnenstand zur Zeit der Aufnahme nur in beschränkten Grenzen wählen kann, im Hochgebirge wegen der Länge der Schlagschatten nur etwa zwischen 10 Uhr und 14 Uhr - wird zur Zeit der Luftbildaufnahme die Sonne immer in einem südlichen Bereich stehen, was meist den erwähnten Umkehreffekt verursacht. Es empfiehlt sich daher, Luftbildkarten nach Süden zu orientieren, falls auf ihnen starkes Relief und daher auch kräftige Schatten auftreten. W. BRUCKLACHER [3] machte bereits 1970 den Vorschlag, Photokarten auf der nördlichen Halbkugel nach Süden zu orientieren; bisher wurde dies jedoch nicht getan, weshalb manche Luftbildkarten, vor allem aus ariden Gebieten (Saudi-Arabien), Pseudoplastik zeigen. Die Südorientierung der Großvenedigerkarte ist auch deshalb zweckmäßig, weil nur so lagemäßige Übereinstimmung mit der von der Kürsinger-Hütte aus sichtbaren Hochgebirgslandschaft erzielt werden kann.

Da die Sonnenstrahlen bei der Luftbildaufnahme Anfang September um 10⁴⁵ Uhr ziemlich schräg einfielen, entstand auf den Bildern und damit auch auf der Luftbildkarte ein harmonischer schatten-

plastischer Eindruck und zwar vor allem auf den großen, mit Spaltenzonen durchsetzten Gletscherflächen. Mittels Handschummerung wäre er kaum erreichbar gewesen, selbst wenn dabei stellenweise Lichtdrehungen vorgenommen worden wären, um z. B. die oben erwähnten Seitenmoränen zu verdeutlichen. Es treten also dieselben Probleme auf, wie sie vom Wenschow-Verfahren der Reliefphotographie bekannt sind. Die Sonne liefert allerdings die Schattenplastik kostenlos, während Handschummerung und Reliefphotographie kostenintensive Verfahren sind.

Die 1974 aufgenommenen 3 Luftbildpaare des Großvenedigergebiets wurden beim Institut für Angewandte Geodäsie in Frankfurt/Main zu Orthophotos umgebildet. Dabei wurden 2 Einzel- und 2 Doppelorthophotos hergestellt, die das ganze Unter- und Obersulzbachkees umfassen. Allerdings war auf dem einen Doppelorthophoto der unterhalb 2000 m Meereshöhe liegende Talgrund des Obersulzbachtales nicht differentiell entzerrt worden, weil wegen des großen Höhenunterschiedes von 1700 m zwischen Tal und Großvenedigergipfel der Höhenbereich des Orthoprojektors nicht ausgereicht hatte. Für das Gebiet der Luftbildkarte Großvenediger war jedoch eine vollständige Entzerrung gelungen.

Das für die Kartenherstellung ausgewählte Doppelorthophoto zeigte am Nordgrat des Kleinvenedigers und in der von dort zum Viltragenkees abfallenden Flanke mehrere Doppel- und Mehrfachabbildungen und ebenso waren Versetzungen des Gratverlaufs an Hand der orthogonal kartierten Höhenschichtlinien festzustellen. Weiterhin hatten sich in einigen Firnflächen die Orthophotostreifen als Hell-Dunkelmuster¹⁾ abgebildet und an einigen Randstellen traten Bewegungsunschärfen auf.

1) Die Streifen entstehen dadurch, daß beim streifenweisen Abfahren des Raummodells die Meßmarke in den monotonen Firnflächen nicht mit Sicherheit auf der Geländeoberfläche geführt werden kann, weil dort der Stereoeindruck mangelhaft ist. Bei der Belichtung der 4 mm breiten Streifen im Orthoprojektor macht sich diese Höhenunsicherheit in dem Hell-Dunkel-Muster bemerkbar. Siehe Abb. 1, Ausschnitt aus dem Orthophoto 1:10 000, Gebiet Kleinvenediger, mit fehlerhafter Abbildung in der Flanke zum Viltragenkees und mit Orthophotostreifen.



Abb. 1

Ausschnitt aus dem Orthophoto 1:10 000 vom Gebiet Kleinvenediger mit fehlerhafter Abbildung in der Flanke zum Viltragenkees und mit Orthophotostreifen.

Vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien: G.Z. L 60.809/76

Da im östlich anschließenden Einzelorthophoto die Doppelabbildungen und Gratversetzungen nicht enthalten waren, weil dieses Bild mit günstigerem Einblick in das Gelände am Kleinvenediger aufgenommen worden war, wurde eine Photomontage vorgenommen, bei der die fehlerhaften Stellen des Doppelorthophotos gegen die einwandfreien Partien aus dem Einzelorthophoto ausgewechselt wurden.

Diese Montage erfolgte mittels Paßlochung und Ausmaskierung, wobei die Maskierungsgrenze an Fels-, Spalten- und Schattenränder gelegt wurde, so daß sie im montierten Halbtonbild kaum mehr zu erkennen war. Nach Ausgleichen der Tonwertunterschiede erfolgte die einfarbige Aufrasterung des Orthophotos mittels 60°-Magentaraster. Das so entstandene Rasterdiagramm wies nun keine Doppelabbildungen und Gratversetzungen mehr auf. Dies ist die Parallele zur wechselweisen Benützung beider Orthophotos eines Raummodells als Felszeichnungsunterlage, womit Fehler der differentiellen Entzerrung auszuschalten sind. In Luftbildkarten können solche Fehler durch Photomontagen aus verschiedenen Orthophotos weitgehend beseitigt werden. Damit hätten auch einige Stellen mit Bewegungsunschärfen an den Rändern der Karte im Südwesten (Dorfer Kees) und im Nordwesten (Steinkar) bereinigt werden können, wenn Orthophotos nördlich und südlich anschließender Luftbilder vorhanden gewesen wären. Dies war aber nicht der Fall, denn es waren 1974 nur 4 Bilder eines Streifens geflogen worden. Beim Vorliegen eines normalen, größere Flächen deckenden Fluges bietet jedenfalls die Photomontage die Möglichkeit zur Beseitigung der Fehler, die im Hochgebirge bei der Orthophotoherstellung auftreten können.

Die in einigen Firnfeldern sichtbaren Streifen, die den Abfahrstreifen bei der Orthophotoprojektion entsprechen, ließen sich auf dem Halbtonnegativ durch leichte Graphitschummerung so weit verwischen, daß sie nach der Aufrasterung und im Druck kaum mehr erkennbar waren.

Auf das von Fehlerstellen befreite Orthophoto 1:10 000 wurden die gravierten Höhenschichtlinien eingepaßt. Unter Beiziehung glaziologischer Fachleute und von Kennern des Großvenedigergebiets wurden weitere notwendige topographische Details aus dem Orthophoto für die Strichkarte entnommen, so vor allem Gewässer, Moränen und Gletscherabgrenzungen. Diese waren wegen der Neuschneebedeckung nicht immer einfach festzulegen. Dabei wurde zwischen Gletschern mit bewegtem Eis und unbewegten Schnee- und Firnflächen unterschieden. Nur erstere erhielten den blaugrünen Gletscherton, beide jedoch blaue Höhenschichtlinien.

Auf Grundlage der Gletscherabgrenzungen wurde im Orthophoto eine Farbtrennung für Gletscherton und Landton durchgeführt. Ersterer wurde blaugrün und letzterer grau gedruckt. Die braunen Höhenschichtlinien des gletscherfreien Gebietes wurden durch eine Böschungsschraffenzeichnung für Seiten- und Endmoränen und durch eine Punktierung für Mittel- und Grundmoränen in Sepia ergänzt. Die felsigen Grate und Gipfel wurden durch eine Darstellung der Hauptkantenlinien in der gleichen Farbe hervorgehoben; diese Felszeichnung entwarf R. HÜLBLING nach dem Orthophoto. Es zeigte sich dabei, daß dem Orthophoto als Kartenhintergrund diese einfache Art der Felsdarstellung angemessen ist. Sie betont die Schärfe der Felsgrate und -kanten, ohne vom Bildinhalt zuviel zu verdecken. Die überschliffenen und meist abgerundeten Felsen im Vorfeld und auf den Inseln inmitten der Gletscher (z.B. Bleidächer im Obersulzbachkees) bedürfen dieser Kantenzeichnung nicht; ihr Felscharakter wird schon aus dem Orthophoto deutlich.

In Schwarz wurden Kartenrahmen, Gitternetz, Beschriftung und die wenige Situation an Wegen, Seilbahnen und Hütten wiedergegeben. Die Karte ist also sechsfarbig, wobei 2 Farben, nämlich Grau und Blaugrün auf den Orthophotohintergrund und 4 Farben auf braune Höhenschichtlinien, auf Schutt- und Felsdarstellung in Sepia, auf blaue Gletscherhöhenschichtlinien und Gewässer und schließlich auf Schwarz entfallen. Rot könnte für den Eindruck von Schirouten bei einer Ausgabe als Wintertouristenkar-

te oder auch für den Eindruck der Gletscheruntergrundisohypsen vorgesehen werden, wozu die Unterlagen für Unter- und Obersulzbachkees bereits geschaffen wurden.

Abschließend sei hervorgehoben, daß es zukünftig möglich sein dürfte, solche Luftbild-Gletscherkarten sehr kurzfristig herzustellen. Die Luftbilder werden wohl meist im September zur Zeit der größten Ausaperung aufgenommen werden. Anschließend könnte die Orthophotoherstellung und zeitlich gleichlaufend die Höhenschichtlinienauswertung erfolgen, so daß diese wichtigsten Grundlagen der Luftbildkarte bis Anfang des folgenden Jahres vorliegen müßten. Für die Kartenherstellung einschließlich Druck müßten 5 - 6 Monate genügen, so daß die fertige Luftbildkarte als glaziologische Arbeitsunterlage und als Touristenkarte bereits im nächsten Sommer zur Verfügung stehen könnte.

Literatur:

- 1 Pillewizer, W.: "Luftbildkarte Großvenediger Maßstab 1:10 000"
Herausgegeben mit Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.
Kartographische Bearbeitung, Reproduktion und Druck: Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Techn. Universität Wien; 1976
- 2 Finsterwalder, R.: "Die Verwendung von Orthophotos zur Gletscherkartierung". Presented paper zum
XIII. Kongreß der Internationalen Gesellschaft für Photogrammetrie, Helsinki 1976,
5 S, 2 Kartenbeilagen: Orthophoto Gepatschferner
1:7 500
- 3 Brucklacher, W.: "Zur Frage des optimalen Bildmaßstabes bei der Herstellung von Orthophotokarten".
Bildmessung und Luftbildwesen 3/1970
S. 188 - 193