

BEGLEITWORTE ZUR ORTHOPHOTOKARTE „LANGTALER FERNER 1971“ IM MASS-STAB 1:7500

Von K. BRUNNER, Karlsruhe

Mit 1 Kartenbeilage

ZUSAMMENFASSUNG

Am Beispiel der neuen Karte „Langtaler Ferner 1971“ wird die Darstellung eines Gletschers in einer Orthophotokarte demonstriert. Die Orthophotokarte zeigt den Langtaler Ferner in den Ötztaler Alpen in seinem Zustand während der Befliegung am 18. August 1971. Neben einer Schilderung der Herstellung sowie der Vor- und Nachteile solcher Orthophotokarten zur Darstellung vergletschelter Gebiete wird der Zustand des Langtaler Ferners zum Zeitpunkt der Befliegung beschrieben; ein Vergleich mit einigen Daten früherer Kartierungen schließt sich an.

REMARKS TO THE ORTHOPHOTO MAP „LANGTALER FERNER 1971“, SCALE 1 : 7500

SUMMARY

As an example for the representation of glaciers using orthophoto maps the new map “Langtaler Ferner 1971” is presented. The orthophoto map shows the glacier “Langtaler Ferner” in the Oetztal Alps (Austria) on August 18, 1971. Apart from a description of the map production and a discussion of the advantages and disadvantages of such orthophoto maps for the representation of glacierized areas, the stage of the “Langtaler Ferner” at the time of the flight is described. A comparison with some data of previously published maps is also included.

1. EINLEITUNG

In dieser Zeitschrift wurde bereits mehrfach auf die Möglichkeit der Herstellung von Orthophotokarten zu gletscherkundlichen Zwecken hingewiesen (Finsterwalder 1972; Brunner 1977). In diesen Abhandlungen finden sich Beschreibungen des Orthoprojektionsverfahrens, der verfahrensbedingten Grenzen sowie der erforderlichen kartographischen Bearbeitung von Orthophotos zu Orthophotokarten. Mit diesen Veröffentlichungen wurden schließlich unterschiedlich gestaltete Darstellungsbeispiele solcher Orthophotokarten vorgestellt, und zwar vom Vernagtferner und vom Gepatschferner (hier in zwei Versionen) in den Ötztaler Alpen. Inzwischen sind weitere Orthophotokarten von Gletschern in andersartiger kartographischer Bearbeitung erschienen. Als Beispiele seien etwa die „Luftbildkarte Großvenediger“ und die „Luftbildkarte Untersulzbachkees“, beide im Maßstab 1:10.000, genannt (Pillewizer, 1977).

2. BEARBEITUNG DER ORTHOPHOTOKARTE „LANGTALER FERNER 1971“

Die am 18. August 1971 vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, ausgeführte „Gesamtbefliegung Tirol 1971“ brachte für eine große Zahl von Gletschern der Ötztaler Alpen ein hervorragendes Bildmaterial, das bereits für eine Reihe von Gletscherkartierungen Verwendung fand, so auch für die Karten „Kesselwandferner“ (Schneider 1976) und „Gepatschferner“ (Brunner 1979). Das oben genannte Darstellungsbeispiel „Gepatschferner“ zur Gestaltung von Orthophotokarten wurde ebenfalls aus diesen Luftbildern gewonnen; es handelte sich dabei um Normalwinkel-aufnahmen, die sich für die Orthoprojektion gut eignen.

Dieser Bildflug deckte mit je einem Bild aus drei Flugstreifen auch den Langtaler Ferner, der seit 1964 zum Arbeitsgebiet der Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften gehört. Die hohe Bildqualität und eine bereits vorliegende photogrammetrische Höhenlinienauswertung ließen den Entschluß reifen, eine Orthophotokarte des Langtaler Ferners im großen Maßstab 1:7500 zu bearbeiten¹.

Die Orthoprojektion der drei Luftbilder führte im Jahre 1977 das Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, am Zeiss Orthoprojektor GZ 1 aus. Diese differenzielle Entzerrung geschah mit einer Streifenbreite (Blendenbreite) von 4 mm und einer speziell gefertigten Blendentiefe von 0,3 mm. Die so gewonnenen einzelnen Orthophotos zeigten keinerlei Bildstörungen auf Grund von Abbildungsfehlern (Brunner 1977).

Die zur Orthoprojektion erforderlichen Paßpunkte wurden nach einer Verdichtung des bestehenden Festpunktfeldes im September 1974 bestimmt; die geringe Zahl der terrestrisch bestimmten Paßpunkte wurde dann durch Aerotriangulation, also auf photogrammetrischem Wege, erhöht. Die Koordinatenwerte der vermarkten Festpunkte sind in Tabelle 1 mitgeteilt. Schließlich sei noch vermerkt, daß der Seitenarm des Langtaler Ferners unterhalb der Langtaler Jochspitze und die Gipfelregion der Hohen Wilde aus technischen Gründen nicht vollständig abgebildet werden konnten. Die Weiterverarbeitung der Orthophotos erfolgte am Lehrstuhl für Kartographie und Reproduktionstechnik der Technischen Universität München. Hier stellte sich nach der notwendigen Aufrasterung zunächst das Problem der Montage der Einzelbilder. Orthophotos von Hochgebirgsregionen lassen sich nämlich nicht ohne weiteres nahtlos aneinanderfügen. Dies hat folgende Gründe: So können

— verschiedene Beleuchtungsverhältnisse von Flugstreifen zu Flugstreifen während der Aufnahme sowie Entwicklung und Reproduktion unterschiedliche Grauwerte identischer Bildteile im Deckungsbereich zweier Bilder zur Folge haben,

Tab. 1: Koordinatenverzeichnis

1. Festpunkte (Trigonometrische Punkte)				
	Y	X	Höhe	
Südliche Hohe Wilde (KT 4-173)	52.644,95	⁵ 180.932,15	3480,0	Eisenkreuz
Nördliche Hohe Wilde	52.395,23	81.206,50	3458,5	Farbmarkierung
Langtaler Jochspitze	53.471,70	83.171,82	3345,7	Steinmann
Schwärzenkogel	51.463,69	83.889,30	3199,1	Steinmann
Seelenferner B	52.689,83	84.608,53	2939,7	Steinmann
2. Standpunkte für Pegel­einmessungen				
1 („Meran“)	52.820,28	83.691,13	2874,1	Meißelzeichen
2 („Bozen“)	52.591,05	84.157,34	2813,5	Meißelzeichen
3 („Dieter“)	51.904,39	84.952,30	2700,4	Meißelzeichen
4 („Roland“)	50.980,38	85.479,10	2586,0	Meißelzeichen
5 („Stein im Vorfeld“)	51.013,86	86.239,57	2413,7	Meißelzeichen

Österreichische Landeskoordinaten im System M 28; die Höhen beziehen sich auf den Boden.

¹ Mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien; G. Z. L 60.970/78.

- verbleibende Restfehler der Orthoprojektion Bildversetzungen an den Bildrändern verursachen,
- schließlich fehlen in Hochgebirgsregionen deutliche lineare Bildteile, wie etwa Verkehrswege, die eine nahtlose Montage erleichtern würden.

Bei der Orthophotokarte „Langtaler Ferner 1971“ wurde die Montage der Einzelbilder deshalb entlang eines 2-km-Gitters im österreichischen Landeskoordinatensystem durchgeführt; allerdings mußte das zu diesem Zweck kräftig eingezeichnete Kartengitter hierzu in Richtung Norden um 100 m versetzt werden.

Die kartographische Gestaltung der Orthophotokarte erfolgte in drei Farben:

1. In Schwarz sind das Kartengitter, der Kartenrahmen mit den angerissenen geographischen Netzlinien, die Festpunkte und die Kartenbeschriftung² sowie die Höhenlinien (Äquidistanz 20 m) dargestellt. Zusätzlich sind in Schwarz die Ablationspiegel der Kommission für Glaziologie wiedergegeben.

2. In grauer Farbe ist der Inhalt der montierten Orthophotos gedruckt. Der Grauton wurde dabei so abgestimmt, daß einerseits möglichst viele Details der Luftaufnahme erkennbar, aber andererseits in den dunkleren Bildteilen (etwa beschattete Bereiche) die Höhenlinien noch gut lesbar bleiben.

3. Ein blauer Flächenton gibt die Vergletscherung wieder. Diese flächenhafte Ausscheidung ist notwendig, da einerseits das photographische Bild die Gletschergrenze nicht eindeutig erkennen läßt, zum anderen die Verwendung einer Grenzsignatur im streng maßstäblichen Orthophoto nicht widerspruchlos möglich ist (Brunner 1977).

Der blaue Flächenton zeigt dabei die „vollständige“ Vergletscherung, welche sowohl Toteis — mit Kontakt zum aktiven Gletscher — in den unteren Lagen als auch Firnwände und mit dem aktiven Gletscher verbundene Schneeaufgaben umfaßt (Brunner 1979). Diese Abgrenzung wurde — gemeinsam mit der Kartierung der Höhenlinien — mittels Stereoauswertung gewonnen; der Toteisrand war dabei nicht immer eindeutig zu bestimmen.

3. BEWERTUNG DER ORTHOPHOTOKARTE

Nicht zuletzt bedingt durch das ausgezeichnete Bildmaterial des Bildflugs „Tirol 1971“ (Normalwinkel-aufnahmen) zeigt die Orthophotokarte „Langtaler Ferner 1971“ eine gute Eignung für die Darstellung von Gletschern als Hilfsmittel der Gletscherforschung. Insbesondere sind Eis- und Firnhorizonte sowie die Oberflächenstrukturen gut zu erkennen. So dürften sich Orthophotokarten bestens zur Konstruktion von Isolinien gleicher Ablation für Massenhaushaltsuntersuchungen eignen, weil sie die Rücklagenmuster direkt enthalten; sie müssen also nicht aus unmaßstäblichen Photographien bzw. Luftbildern entnommen und in die Kartierungen übertragen werden.

Im eisfreien Umland sind im Orthophoto die Kleinformen des Gletschervorfeldes sowie am rechten Kartenrand die Moränen des Seelenferners deutlich abgebildet. Während jedoch das Orthophoto die Schuttflächen gut erkennen läßt, ist Vegetation — so am orographisch rechten Zungenrand — vom Fels kaum zu unterscheiden. Im Gegensatz dazu bilden sich die beiden kleinen Wasserflächen (mit 2854 m bzw. 2923 m Meereshöhe) mit völlig unterschiedlichen Grauwerten ab³. Hier zeigen sich

² Das Namensgut wurde der Alpenvereinskarte 1:25.000 der Ötztaler Alpen, Blatt „Gurgl“ entnommen.

³ Die Wasserspiegelhöhen sind deshalb in der Orthophotokarte unterstrichen.

die Nachteile von Orthophotokarten, daß Ungleichwertiges gleich und Gleichwertiges unterschiedlich abgebildet sein kann.

Die Höhenlinien, Äquidistanz 20 m, stören das Halbtonbild des Orthophotos in keiner Weise. Vielmehr ist eine bemerkenswerte Übereinstimmung von Höhenlinien und Geländeformen zu verzeichnen. Die Geländeformen, einschließlich der Kleinformen weisen auf Grund der Sonnenbeleuchtung eine natürliche Plastik auf. In herkömmlichen Karten wird eine derartige Plastik häufig durch eine Schummerung erzeugt, die bekanntlich auf einen Lichteinfall von Nordwesten aufbaut. Bei Orthophotokarten hingegen haben wir es jedoch (auf der Nordhalbkugel) mit einer natürlichen Südbeleuchtung zu tun. Es wurde deshalb angeregt, Orthophotokarten von Hochgebirgsregionen der Nordhalbkugel nach Süden zu orientieren, um den gleichen Eindruck wie bei den gewohnten Schummerungskarten zu erhalten (Pillwizer 1977). Bei der Betrachtung der Orthophotokarte „Langtaler Ferner“ zeigt sich aber, daß eine solche Forderung nicht zwingend ist, ein sogenannter „Pseudoeffekt“, also die Umkehrung des Reliefs, tritt sicherlich nicht auf.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß eine so gestaltete Orthophotokarte eine Alternative zur aufwendigen Bearbeitung herkömmlicher Gletscherkarten („Strichkarten“) sein kann. Der geübte Fachmann kann darüber hinaus einer Orthophotokarte durchaus mehr Details entnehmen als einer herkömmlichen Karte. Voraussetzung ist jedoch das Vorliegen von Luftbildern, die zur Differentialverzerrung geeignet sind; solche Voraussetzungen sind: Luftbilder mit hoher Bildqualität, die bei maximaler Ausaperung möglichst von Aufnahmekammern mit längeren Brennweiten (Normalwinkelkammern mit $f = 30$ cm beim Bildformat 23×23 cm) aufgenommen wurden, sowie nicht zu steile Geländebeziehungen (Brunner 1977).

Wünschenswert wären gezielte Bildflüge, die das aufwendige Montieren von Einzelbildern vermeiden bzw. verringern würden. Schließlich sollten solche Orthophotokarten keinen kleineren Maßstab als 1:10.000 aufweisen, weil sonst der Detailreichtum der photographischen Aufnahme nicht mehr eindeutig interpretiert werden kann.

4. DER ZUSTAND DES LANGTALER FERNERS IM JAHRE 1971

Zum Zeitpunkt der Befliegung vom 18. August 1971 hatte der Langtaler Ferner eine Gesamtfläche (S) von $3,478 \text{ km}^2$ (ausschließlich Toteis)⁴. Dieselbe Gesamtfläche besaß der Gletscher bei einer Kartierung im Jahre 1975; im Jahre 1969 — zum Zeitpunkt der Gesamtbefliegung der österreichischen Gletscher vom 8. August — ergab sich eine Fläche von $3,517 \text{ km}^2$.

Auf das Akkumulationsgebiet entfiel zum Zeitpunkt der Befliegung von 1971 eine Fläche (S_c) von $1,936 \text{ km}^2$; auf das Ablationsgebiet eine Fläche (S_a) von $1,542 \text{ km}^2$. Hieraus resultiert ein Flächenverhältnis $S_c/S_a = 1,26$ bzw. ein AAR-Wert (S_c/S) mit 0,56. Als Grenzlinie der Teilflächen S_c und S_a wurde die temporäre Altschneelinie verwendet, die sich ohne weiteres aus dem Orthophoto ableiten läßt. Die genannten Flächenverhältnisse sind praktisch identisch mit jenen Werten, die beim Gepatschferner bei der Auswertung derselben Befliegung ermittelt wurden (Brunner 1979).

⁴ An beiden Zungenrändern tritt bis zu einer Meereshöhe von ca. 2720 m Toteis mit einer Fläche von insgesamt $0,24 \text{ km}^2$ auf.

Die mittlere Höhe der Altschneelinie betrug ohne Berücksichtigung von Aper- und Firnflecken zum Aufnahmezeitpunkt 2895 m Seehöhe. Für die Zunge allein — also ohne den Seitenarm unterhalb der Langtaler Jochspitze, der in der Orthophotokarte nicht vollständig abgebildet ist — ergibt sich eine mittlere Höhe der Altschneelinie von 2875 m. Beide Werte sind entsprechend ihrer Bestimmungsgenauigkeit auf 5 m gerundet.

Das Zungenende des Langtaler Ferners hatte 1971 eine Meereshöhe von 2445 m, der höchste Punkt des Gletschers lag bei ca. 3380 m Seehöhe. Bei einer Länge von 5,0 km errechnet sich eine mittlere Neigung von 11° des nach NNW exponierten Ferners. Die Meereshöhe des Zungenendes hat sich seit Anfang der sechziger Jahre nicht verändert. Dieselbe Höhenlage war auch noch im Jahre 1975 zu verzeichnen; zu diesem Zeitpunkt war lediglich ein Einsinken der Oberfläche festzustellen. Im Jahre 1957 erstreckte sich das Zungenende jedoch bis zu einer Meereshöhe von 2440 m und im Jahre 1938⁵ bis 2432 m Meereshöhe.

Auch das im Nordosten der Orthophotokarte abgebildete Zungenende des Seelenferners blieb seit Anfang der sechziger Jahre auf gleicher Meereshöhe (2924 m); im Jahre 1938⁵ reichte sie allerdings bis 2885 m.

LITERATUR

Brunner, K., 1977: Orthophotokarten vergletschelter Gebiete. *Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie* 12, 1 (1976): 63—67.

Brunner, K., 1979: Zur neuen Karte „Gepatschferner 1971“, Maßstab 1:10.000. *Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie* 14, 2 (1978): 133—151.

Finsterwalder, Rüd., 1972: Begleitworte zur Karte des Vernagtferners 1:10.000 vom Jahre 1969. *Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie* 8, 1—2: 5—10.

Pillewizer, W., 1977: Hochgebirgskartographie und Orthophototechnik. Festschrift für Erik Arnberger: Beiträge zur theoretischen Kartographie. Verlag Franz Deuticke, Wien.

Schneider, H., 1976: Die Karte des Kesselwandferners 1971 und die Grundlagen der Vermessung. *Z. f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie* 11, 2 (1975): 229—244.

⁵ Aufnahme der Alpenvereinskarte „Gurgl“.

Manuskript eingelangt am 19. 2. 1980.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr.-Ing. Kurt Brunner
Gellertstraße 27
D-7500 Karlsruhe 21