

Mt. Everest-Karte 1:50000 : Faszination eines Kartenprojektes

Autor(en): **Altherr, W. / Grün, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK =
Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **88 (1990)**

Heft 2

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-234312>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Mt. Everest-Karte 1:50000 – Faszination eines Kartenprojektes

W. Altherr, A. Grün

Projektleitung, Flug und photogrammetrische Arbeiten für die neue Mt. Everest-Karte 1:50 000 wurden der Swissair Photo + Vermessungen AG übertragen. Im Artikel wird auf spezielle technische Probleme und Lösungen bei der Projektbearbeitung hingewiesen. Der Artikel versucht auch, dem Leser ein kleines Stimmungsbild rund um die achtjährige Projektzeit zu vermitteln.

La direction du projet, le vol et les travaux photogrammétriques nécessaires à l'élaboration de la nouvelle carte du Mont Everest au 1:50 000 ont été confiés à Swissair Photo + Vermessungen AG. L'article expose les problèmes techniques spéciaux et présente les solutions qui ont été trouvées. L'article souhaite aider le lecteur à se faire une petite idée sur les huit années qui ont été nécessaires à l'élaboration de ce projet.

Ein Traum wird Wirklichkeit

W. Altherr



Abb. 1: Der elegante Learjet 35A auf dem Tribhuvan Airport in Kathmandu mit dem Ganesh Himal im Hintergrund (Aufnahme National Geographic Society).

Dr. Bradford Washburn (Brad), Initiator und Spiritus Rector des ganzen Projektes, hegte seit seiner Jugendzeit den Wunsch, einmal eine genaue detaillierte Karte des höchsten Berges unserer Erde, des Mount Everest, zu erstellen. Diese Idee wurde im Laufe seiner Aktivitäten als Bergsteiger, Geograph, Geodät und Kartograph, die er neben seinem 40-jährigen Wirken als Direktor des Boston Museum of Science (BMS) als Hobby sehr intensiv und erfolgreich ausführte, zu einer immer stärker werdenden Vision.

Nach seiner «Pensionierung» als Direktor des BMS im Jahre 1979 war Brad nicht mehr zu halten. Nun kannte er als 68-Jähriger nur noch ein Ziel, die neue Mt. Everest-Karte 1:50000. Zu diesem Projekt formulierte er schon zu Beginn folgende Bedingung:

Die Karte muss aussehen wie die Schweizerische Landeskarte 1:50000. (Analog seiner 1959 herausgegebenen Mt. McKinley-Karte.)

Da unsere Firma seit 1970 fast ununterbrochen die verschiedensten Karten für Brad erstellt hatte, stand für ihn fest, dass die technische Projektleitung, der Flug und die photogrammetrische Auswertung durch unser Büro ausgeführt werden sollten. Ebenso war klar, dass das Bundesamt für Landestopographie (L+T) wie schon bei der Mt. McKinley-Karte, mit den kartographischen Arbeiten betraut werden würde.

1. Vorbereitung 1980–1984

Nun hiess es, für vier Fragen eine Antwort zu finden:

1. Wie kommt man zur Flugbewilligung von China und Nepal?
2. Wie sieht das technische Konzept für Flug, Navigation, Passpunkte, Auswertung etc. aus?
3. Was kostet das Projekt überhaupt?
4. Wer bezahlt die Karte?

Schon bald zeigte sich, dass trotz der legendären Fähigkeit von Brad, Finanzen zu beschaffen, die potentiellen Geldgeber sehr skeptisch waren. Zu jenem Zeitpunkt glaubte ausser Brad praktisch niemand daran, dass China und Nepal eine Flug- und Ausfuhrbewilligung für die Flugaufnahmen erteilen würde. Somit konzentrierte sich Brad in einem ersten Schritt nur auf die Erstellung der Flugaufnahmen.

Zwischen 1980 und 1983 bereiste er dreimal China und Nepal. Dabei kam ihm zu gute, dass er seit vielen Jahrzehnten sowohl in China als auch in Nepal sehr gute Kontakte zu den verschiedensten Ministerien und Organisationen hatte, die er nun sehr gezielt und mit seiner nie erlahmenden Energie und Geduld für seine Idee einer neuen Mt. Everest-Karte 1:50000 zu gewinnen versuchte.

Ende 1981 geschah das Wunder: China erteilte die Flugbewilligung. Die Verhandlungen mit Nepal für die Flugbewilligung, die Produktion der Karte, das Copyright, die Verkaufsrechte etc. waren jedoch zu diesem Zeitpunkt immer noch im Gange. Erst im Juni 1984, nach 2 ½ Jahren zähen Feilschens, war alles komplett und unterzeichnet. Unterzeichnet auch die Flugbewilligung mit einem Gültigkeitsdatum bis 31.12.1984! Nur noch 6 ½ Monate Zeit! Nachdem nun etwas Konkretes vorhanden war, kam auch die Finanzierung ins Rollen. Brad konnte die National Geographic Society (NGS) dafür gewinnen, die Hälfte der Flugkosten zu übernehmen. Die zweite Hälfte wurde vom Boston Museum of Science (BMS) sichergestellt. Es versteht sich, dass wir auf der Produktionsseite schon seit 1980 an Konzepten, Kostenrechnungen, Vorbereitungen für die Flugoperation, der Aerotriangulation etc. arbeiteten, sodass wir im August 1984 nach der letzten Unterschrift von Nepal und der NGS die Lösung für die Flugoperation bereit hatten.

2. Vorbereitung der Flugoperation

2.1 Flugzeugwahl

Es zeigte sich, dass unsere höchsten Fluglinien auf ca. 43000 ft. (ca. 13100 m) liegen würden und somit für die Flugoperation nur ein Jet in Frage kam. Sehr bald fiel die Wahl auf den Learjet, und so versuchten wir, einen solchen zu chartern und ein Camera door zu mieten, um unsere eigene Wild RC-10 Kamera einzubauen. Der Umstand, dass man vor August 1984, dem Zeitpunkt des OK aus Nepal und der NGS, keinem Anbieter sagen konnte, wann und ob überhaupt die Operation in Nepal stattfinden würde, schränkte unsere Möglichkeiten bei den potentiellen Learjet-Haltern immer mehr ein. Schlussendlich schlossen wir Anfang 1984 einen Chartervertrag mit der Swedair für einen Learjet 35A ab, wobei uns das Camera door vom Schwedischen Landesvermessungsamt vermietet wurde.

2.2 Navigationskonzept

Wie meistens in Gegenden wie dem Himalaya zeigte sich bald, dass für eine rein visuelle Navigation keine brauchbaren Karten zur Verfügung standen. Vom aufzunehmenden Gebiet von ca. 2000 km²

(ganzer Sagarmatha National Park) waren keine 1 inch to 1 ml Karten erhältlich. Die existierende Schneiderkarte 1:50000 deckte nur ein Teilgebiet, diejenige der Royal Geographical Society (RGS) 1:100000 war besonders im chinesischen Gebiet zu ungenau, und die vorhandene Karte 1:250000 kam für die Detailnavigation zum vornherein nicht in Frage. Diese Ausgangslage setzte ein flugzeugseitiges Eigennavigationssystem voraus, welches das parallele Fliegen von Linien mit einer Genauigkeit von ca. ± 200 m über der geplanten Fluglinie erlaubte.

Diese Forderung war nicht zuletzt der Grund, dass wir die Swedair Lösung wählten, da ihr Learjet mit einem Global Navigation System GNS 500A (VLF/Omega) ausgerüstet war. Die für den Einsatz in Nepal vorgesehene Cockpit-Crew hatte dieses System schon mit gutem Erfolg für kleinmassstäbliche Flächenbefliegungen (flaches Gelände) in Afrika eingesetzt. Noch nie jedoch wurde es in Regionen wie dem Himalaya erprobt oder verwendet. Aus Sicherheitsgründen wollten wir deshalb noch eine visuelle Navigationshilfe zur Kontrolle und Unterstützung des Omega-Systems zur Verfügung haben. Ende 1981 wurde bekannt, dass die ESA auf einer der nächsten Space Shuttle Missionen mit einer Zeiss Metric Camera RMKA 30/23 Aufnahmen aus einer Missionshöhe von ca. 244 km (Bildmassstab ca. 1:800000) erstellen wollte. Wir kamen zum Schluss, dass eine Vergrößerung 1:100000 für die visuelle Navigationshilfe eine ideale Grundlage sein könnte. Nun wurde Brad wieder aktiv und setzte sich mit der ESA in Verbindung, wobei schliesslich sichergestellt war, dass bei der vorgesehenen Mission Aufnahmen über dem östlichen Himalaya eingeplant waren. Am 28. November 1983 erfolgte der Start der Columbia, wobei Brad, kaum war die Mission beendet, meldete, es habe im Flug Probleme gegeben, sodass nur ein Teil der geplanten Aufnahmen erstellt worden sei. Einmal mehr kam Ungewissheit auf, bis wir erfuhren, dass über dem östlichen Himalaya während einem Orbit Aufnahmen gemacht werden konnten und der Everest abgedeckt sei. Nun war auch das Navigationsproblem theoretisch gelöst.

2.3 Filmmaterial

Von Anfang an war geplant, die Aufnahmen bei kleinstmöglicher Schneebedeckung durchzuführen, damit die geplante detaillierte Bodenbedeckungsdarstellung dem «Sommerkleid» der Landschaft entspreche.

Dieser Zeitpunkt fällt in Nepal in die Monate November/Dezember und liegt im Zeitabschnitt der normalerweise stabilsten Wetterlage. Obwohl der Mt. Everest auf der gleichen Breite wie Kairo liegt, sind die Schatten zu dieser Jahreszeit wegen

den extremen Höhenunterschieden sehr lang und durch die klare Luft auch hart.

Aus praktischen Überlegungen musste die Film- und Entwicklerwahl vor dem Einsatz in Nepal getroffen werden. Für den Testflug über den Walliser Alpen verwendeten wir den Kodak Plus X 2402 Film. Dabei arbeiteten wir immer mit dem gleichen Filter (400 nm, AV 2.0), jedoch mit verschiedenen Belichtungszeiten. Entwickelt wurde mit dem Kodak DK50 einmal unverdünnt und einmal verdünnt im Verhältnis 1:1, im für Nepal vorgesehenen Zeiss Rewinder Gerät. Das beste Resultat erreichten wir mit dem verdünnten Entwickler mit einer Schwärzung im Schnee von log 1,32, im Schatten auf Schnee von log 0,56 und im Schatten auf Fels von log 0,36. Dabei waren die Schneepartien auch im Schatten noch voll durchgezeichnet.

2.4 Labor

Anlässlich eines Besuches in Kathmandu während den Vorbereitungsarbeiten wurde mir auch das Labor des Survey Department gezeigt, in dem wir die Filme entwickeln sowie Papierkopien erstellen konnten. Dieser Augenschein hatte dann zur Folge, dass eine umfangreiche Materialliste erstellt wurde von Dingen, die unser Laborchef Wolfgang Bartosch mitnehmen wollte, damit ja nichts schief gehen konnte. Die Liste führte vom Wasserfilter über Transformer, Stecker, Lampen, Potenziometer, Schlagsicherungen bis zu Kabeln, Schläuchen, Wäscheklammern zum Aufhängen der Kopien, Schnüren, etc. Es wurde die längste Liste, die wir je für einen Auslandseinsatz erstellen mussten!

3. Flugoperation in Nepal: Brad pokert hoch und gewinnt

Im Oktober 1984 reiste Brad mit Barbara, seiner ihn immer begleitenden Gattin, als Vorhut nach Kathmandu. Noch war das genaue Datum des Learjet-Einsatzes nicht fixiert, da Brad zuerst die Schneesituation im Everestgebiet abklären wollte. Ein langer Monsun, der erst im Abklingen war, hatte dem Himalaya grosse Schneemengen gebracht. Wir legten daher fest, erst gegen Mitte Dezember in Zürich zu mobilisieren, im vollen Bewusstsein, dass das Damoklesschwert vom 31.12.1984, dem Ende der beiden Flugbewilligungen, sich immer tiefer senkte. Wer weiss, dass man bei solchen Einsätzen nicht einfach in Kathmandu landen kann, um am nächsten Tag bei Flugwetter zu einer Photomission zu starten, begreift, dass sich nun langsam bei allen Beteiligten Nervosität bemerkbar machte.

Am 13. Dezember trifft der Learjet der Swedair in Zürich ein. Alle sind erleichtert, dass es nun endlich los geht. Die Kamera wird eingebaut und ein Testflug für die

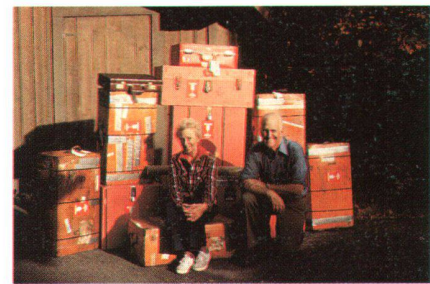


Abb. 2: Barbara und Brad vor ihrem Gepäckberg in Kathmandu (Aufnahme Brad Washburn).

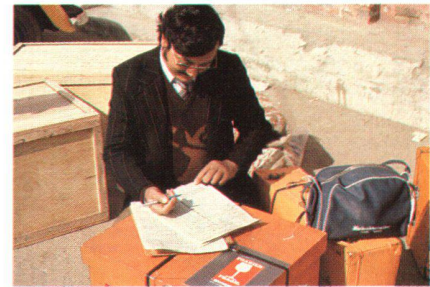


Abb. 3: Gemütliche, stundendauernde Zollabfertigung unter der Herbstsonne Nepals (B.W.)

Funktionskontrolle durchgeführt. Ein Navigationstest mit dem uns bekannten Omega-System ist wegen der schlechten Wettersituation über ganz Europa unmöglich! Anschliessend wird im Learjet, der sich ja nicht gerade als Grossraumflugzeug präsentiert, jeder Winkel mit Material (inkl. Raclettekäse für Weihnachten) vollgestopft, und am 15. Dezember fliegen wir, Kurt Keller (Navigator und Kameraoperator), drei Besatzungsmitglieder und ich über Nikosia, Dubai, Karachi nach Kathmandu, wo wir am 16. Dezember um 22.00 Uhr landen.

Es würde den Rahmen dieses Artikels sprengen, wenn ich nun alle kleinen, Nerven kostenden Episoden vor dem ersten Take-off in Kathmandu schildern würde. Es gab Momente, da glaubten wir zuversichtlich an das Gelingen des Projektes und waren sicher, die letzte Hürde genommen zu haben. Es gab aber auch Momente, da waren wir überzeugt, jetzt führe kein Weg mehr zu einem Start zum Everest. Und bei all dem rückte das definitive Ende, der 31. Dezember immer näher. Aber am 20. Dezember war es dann doch soweit. Um 11.50 Uhr, nachdem sich der dichte Morgennebel aufgelöst hatte, hoben wir vom Tribhuvan Flugplatz ab. 20 Minuten später flogen wir in das Everestgebiet ein, und um 15.20 Uhr landeten wir wieder in Kathmandu. Dazwischen lagen fast drei Stunden harte Arbeit für das Learjet-Team, d.h. für Cpt. Bernt Herrlin, FO Fritz Norrgard und Kurt Keller, unserem Navigator und Kameraoperator. Der einzige, der den Flug fast unbeschwert geniessen konnte, war ich.

Partie rédactionnelle

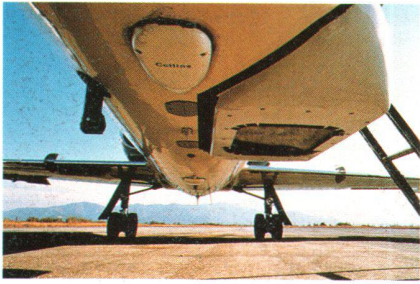


Abb. 4: Das am Learjet-Rumpf angefügte Camera-door mit NAV Rohr der RC-10 in der rechten Rumpffseite (Aufnahme Kurt Keller).

Die Eichung des Omega-Systems auf dem Flugplatz Kathmandu sowie die gerechneten und eingegebenen geographischen Koordinaten der Anfangs- und Endpunkte der Fluglinien inklusive der ersten und letzten Aufnahmen erwiesen sich als sehr genau. Das Ausflinieren auf die geplanten Fluglinien (16 km vor der ersten Aufnahme) funktionierte sehr gut, wobei auch die vom Omega-System gelieferte Zeitangabe bis zur ersten Aufnahme für den Navigator sehr wertvoll war. Das Cockpit war aber auch froh um die kleineren und grösseren Korrekturen von Kurt Keller, die er aufgrund der vergrösserten Space Shuttle Aufnahmen geben konnte, da sich das Omega-System für die geforderte Toleranz auf den 65 Kilometer langen Fluglinien als zu ungenau erwies. Geplant war wie üblich das alternierende Abfliegen der Fluglinien. Der um diese Jahreszeit auf 33–43000 ft. liegende, mit ca. 240 km/h von Westen heranbrausende Jetstream verunmöglichte jedoch dieses Vorhaben. Beim Flug West-Ost war die Grundgeschwindigkeit auch des «gebremsten» Learjets immer noch zu gross, (900 km/h über Grund) um einerseits vernünftig (Zeitfaktor) navigieren zu können und andererseits mit den durch das PEM-Belichtungsgerät gegebenen Belichtungszeiten scharfe Bilder herzustellen. Interessant war, dass der Learjet im 240 km-Jetstream absolut ruhig in der Luft lag, solange man sich über der Silhouette be-



Abb. 5a: Puja: Die Weihe des Learjets und der Crew mit einem Lammopfer (Aufnahme Wolfgang Bartosch).



Abb. 6: Über dem Everest ein Blick in die unendliche Weite Tibets (K. K.)



Abb. 5: Kurt Keller der Navigator und Kameraoperator mit den Space Shuttle Vergrösserungen 1:100 000 kurz vor dem ersten Everestflug (NGS).

Filmdatei Flug 20. 12. 1984

Kamera: Wild RC-10 mit PEM
Objektiv: $f = 152 \text{ mm}$
Aufnahmezeit: 12.20 – 15.05 Uhr
Film: Kodak Plus X 2402
Filter: 400 nm / AV 2.0
PEM: 100 ASA
Blende: 5.6
Belichtungszeit: $\frac{1}{300} - \frac{1}{1000}$

Filmdatei Flug 22.12.1984

Objektiv: $f = 152 \text{ mm}$
Aufnahmezeit: 12.35 – 14.10 Uhr
Film: Kodak Aerochrome MS 2448
Filter:
400 nm / AV 2.0 Gelatin + Sky light
81 A
PEM: 75 ASA
Blende: 5.6
Belichtungszeit: $\frac{1}{350} - \frac{1}{600}$

wegte. Sobald wir darunter gerieten, traten so starke Turbulenzen auf, dass einige Fluglinienhöhen ad hoc geändert werden mussten.

Die Aussentemperaturen betragen -50° bis -56° , und um die Kamerateile unmittelbar über dem Kabinenboden baute sich eine stattliche Eisschicht auf.

Noch ein Detail zum Jetstream. Aufgrund der topographischen Verhältnisse hätten wir einer kreuzweisen Befliegung den Vorzug gegeben (Einsicht für Photogrammeter, Aeorotriangulation sicher keine Klaffen etc.). Folgendes soll die Unmöglichkeit eines solchen Vorhabens illustrieren. Aus bestimmten Gründen mussten wir eine s/w-Linie mit Azimut 20° über den Mt. Everest fliegen. Nach verschiedenen Versuchen konnte die Crew die Linie halten, mit einem Aufkreuzen gegen den Wind von 27° . Damit war die RC-10 am Anschlag, was ein Fliegen 90° zum Jetstream schon aus kameratechnischen Gründen nicht zugelassen hätte.

In der in Abb. 8 teilweise zu sehenden idyllischen Umgebung wurden alle s/w-Filme und auch einige hundert Kopien erstellt. Die Spannung war natürlich gross, als Wolfgang Bartosch in der Dunkelkammer das Licht anzündete und am 20. Dezember zu später Stunde den Film zum Rewinder herausnahm.

Ein Hurra erfüllte die kleine Laborklausel, als wir die gestochen scharfen Negative sahen und auch feststellen konnten, dass sich die Belichtungs- und Entwicklungstests in Zürich auch hier in Nepal als richtig erwiesen hatten. Dies trotz gänzlich anderen äusseren Bedingungen im Labor, in dem Improvisationsfähigkeit gross geschrieben war.

Am 22. Dezember konnte in einem 2. Flug noch das Color-Programm abgewickelt werden.

4. Zwischenspiel

Nun war das erste Ziel erreicht. Brad Washburn war im Besitze aller notwendigen Flugaufnahmen, die die Erstellung

der neuen Everest-Karte 1 : 50 000 erst ermöglichen. Was noch fehlte, war die Finanzierung. Brad hatte nicht nur gute Beziehungen in China und Nepal, sondern natürlich noch bessere in den USA und vor allem zur National Geographic Society (NGS). Er verstand es, mit seinem Enthusiasmus die NGS aufgrund des vorliegenden Bildmaterials dafür zu gewinnen, die neue Everest-Karte als einen Höhepunkt zum 1989 zu feiernden 100-Jahr-Jubiläum erstellen zu lassen.

5. Aerotriangulation und Auswertung

Schon bei den ersten Konzeptbearbeitungen zeigte es sich, dass auf eine Vorsignalisierung oder nachfolgende Passpunkt-messung im Everestgebiet aus Kostengründen verzichtet werden musste. Somit war ein anderer Weg zu suchen, um die für die Triangulation notwendigen Passpunkte zu erhalten.

5.1 Passpunktbestimmung für die Aerotriangulation aus einem Stereomodell der ESA-Metrischen Kamera

A. Grün

Wie einem Bericht der Vereinten Nationen 1989 zu entnehmen ist, sind bisher (Stand 1987) erst 56% der Landfläche unserer Erde in Massstäben 1 : 50 000 und grösser kartographisch erfasst. Zusammen mit den Nachführungsaufgaben steht hier ein bedeutender Kartierungsbedarf an. Insbesondere für logistisch wie geographisch unerschlossene Gebiete erhofft man sich Unterstützung durch photogrammetrische Weltraumaufnahmen. Die Pilotprojekte der ESA-Metrischen Kamera (MC) und der NASA-Large Format Camera (LFC), beide auf Space Shuttle-Missionen geflogen (MC: 28. 11.–7. 12. 1983 auf Columbia, LFC: 5. 10.–13. 10. 1984 auf Challenger), sollten unter anderem die Eignung dieser Aufnahmen für derartige kartographische Projekte unter Beweis stellen. Im Vorfeld der Projektdurchführung wurden zum Teil stark übertriebene Erwartungen postuliert, die etwa bis zur Empfehlung zum Einsatz bei der Kartierung 1 : 25 000 gingen. Für praktisch erfahrene Photogrammeter und Kartographen war es von vornherein klar, dass aus einem durchschnittlichen Bildmassstab 1 : 1 000 000 kein Weg hin zu einer Kartierung 1 : 50 000 oder gar grösser führt, solange man den Standard mitteleuropäischer Kartographie unterlegt. Dies gilt für die Interpretierbarkeit ebenso wie für die Genauigkeit der Höhenrekonstruktion. Es wurde sogar auf erhebliche Probleme bei der Nachführung 1 : 100 000 und bei der Neukartierung 1 : 200 000 hingewiesen (Grün, Spiess, 1986). Eine nützliche Funktion können diese geometrisch stabilen Weltraumaufnahmen dagegen zur Passpunktbestim-

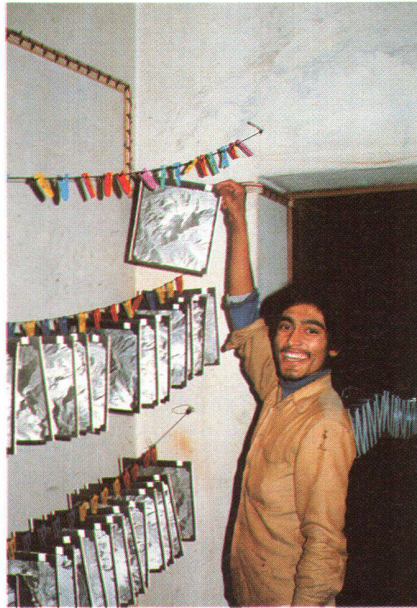


Abb. 7: Der Mount Everest auf der Leine (W.B.).

Projektparameter Metrische Kamera

Flug
ESA Spacelab-1 an Bord von
NASA Space Shuttle STS-9
Columbia

Missionsdauer
28. 11.–7. 12. 1983

Aufnahmezeitpunkt
2. 12. 1983, 3.30.58 GMT
(9.30 Ortszeit)

Flughöhe
ca. 244 km

Fluggeschwindigkeit
ca. 7,6 km/s

Sonnenstand
Elevation 29°, Azimut 140°

Kamera
RMK A 30/23

Kammerkonstante
305 mm

Bildmassstab
1 : 800 000

Filmmaterial
Farbinfrarot Kodak 2443

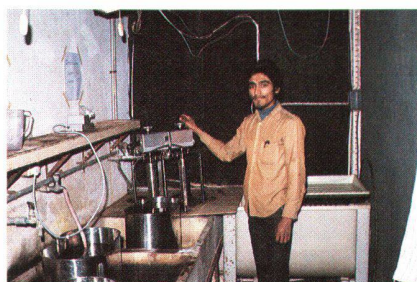


Abb. 8: Unser Laborraum im H.M. Survey Department (W.B.).

mung für die Blocktriangulation der Luftbilder wahrnehmen. In unserem Fall hatten wir das Glück, dass fast ein Jahr vor der Blockbefliegung das NASA Space Shuttle Columbia im Auftrag der ESA auf seiner Umlaufbahn den Mt. Everest überquerte. Am 2. Dezember 1983 um 3.30 Uhr Greenwich-Zeit (9.30 Uhr Ortszeit) glückte dem Astronautenteam bei bestem «Flugwetter» eine Serie hervorragender Farbinfrarotaufnahmen mit der Metrischen Kamera aus Spacelab-1. Diesem Flugstreifen wurde ein geeignetes, 60% überdeckendes Stereomodell (Bildnummern 01-0013-01, 01-0015-01) zur Passpunktbestimmung für die Aerotriangulation entnommen.

Aus der nachfolgenden Tabelle sind die wichtigsten MC-Projektparameter zu entnehmen.

Die Auswertung wurde am Analytischen Plotter Wild AC-1 des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich durchgeführt. Die Passpunkte zur absoluten Orientierung des Stereomodells wurden einer topographischen Karte 1 : 100 000 der Royal Geographical Society (RGS) entnommen, welche wiederum basiert auf dem British Survey 1921–36, einer österreichischen Vermessung von 1957 und chinesischen Vermessungen von 1960 und 1975.

Nach Bestimmung des Kartenverzugs ($\leq 0,3$ mm) aus 15 Gitterpunkten wurden am Wild Autograph A8 45 Vollpasspunkte und 14 Lagepasspunkte digitalisiert. Es handelte sich dabei durchwegs um natürliche Punkte. Die Lagegenauigkeit dieser digitalisierten Punkte wurde optimistisch auf 25 m geschätzt. Zur Modelleinpassung am AC-1 wurden die Koordinaten in ein lokales orthogonales Tangentialsystem transformiert. Die Orientierung erfolgte nach dem «Zweistufenverfahren» (relative-absolute Orientierung) und stützte sich nach Bereinigung schliesslich auf 18 Vollpasspunkte und 1 Lagepasspunkt. Die räumliche Ähnlichkeitstransformation der Absoluteinpassung ergab für Lage und Höhe folgende Standardabweichungen: $\sigma_{x,y} = 45$ m, $\sigma_z = 31$ m. Hier wird offensichtlich, dass die a priori Lagegenauigkeit der digitalisierten Passpunkte doch weniger gut als zunächst vermutet war. Digitalisierungsunsicherheiten, Ungewissheiten in der Punktdefinition und Ungenauigkeiten der ursprünglichen Kartierung akkumulierten zu grösseren Beträgen. Zum Vergleich: Mit besser definierten Pass- und Kontrollpunkten konnte bei einer Auswertung von LFC-Aufnahmen eine Lagegenauigkeit von 8 m aus Kontrollpunkten erreicht werden (Grün, Spiess, 1986). Durch das Zweistufenverfahren bei der Orientierung ist jedoch sichergestellt, dass die gute Steifigkeit des photogrammetrischen Modells nicht verlorengeht und durch die Verwendung sehr vieler



Abb. 9: Stereomodell (Bildausschnitt) aus MC-Farbinfrarotaufnahmen (Reproduktion in Schwarzweiss). Der Mt. Everest befindet sich im Zentrum des Modells unter einem leichten Wolkenschleier.

Passpunkte eine zufriedenstellende Modelleinpassung erreicht wurde. Abbildung 10 zeigt Anzahl und Verteilung der zur Absoluten Orientierung des MC-Stereomodells benutzten Passpunkte. Abbildung 11 zeigt die Blockform und die Verteilung der aus dem Stereomodell der Metrischen Kamera bestimmten und zur Modellblockausgleichung benutzten Passpunkte. Insgesamt wurden 102 natürliche Punkte im MC-Modell eingemessen.

Durch die Meldung anfangs 1987, der K2 sei mit 8859 m (bisher 8611 m) nun der höchste Berg der Welt, kam dann etwelche Unruhe auf, ob wir mit der «alten» Everesthöhe nun falsch liegen würden. Die anschließenden Messungen durch Prof. A. Desi im Sommer 1987 am K2 mit 8579 m und am Mt. Everest mit 8833 m relativierte dann jedoch die «Sensationsmeldung» von Prof. Wallerstein wieder.

5.2 Aerotriangulation der Learjet-Aufnahmen

W. Altherr

Aus Diskussionen mit dem leider verstorbenen Erwin Schneider, dem Vater der ersten teilweise mittels terrestrischer Photogrammetrie erstellten Everest-Karte, wussten wir, dass von diversen Gipfeln des Everestgebietes recht genaue trigonometrisch bestimmte Höhendaten vorhanden waren. Von einigen ausgewählten Punkten verwendeten wir bei unserer Triangulation diese Höhen und stellten fest, dass sie sehr gut in die Grunddaten von Prof. Grün passten bzw. die gute Qualität der Daten aus der MC-Modellbeobachtung bestätigten. Da die Höhenangaben gleicher Punkte auf den verschiedenen Karten sehr widersprüchlich sind und ihre Herkunft in den meisten Fällen nicht bekannt ist, misslang der Versuch, eine Systematik in den Differenzen dieser Höhen zu den Daten unserer Blockausgleichung zu finden.

Zu Beginn der Arbeiten wurde festgelegt, die Höhe des Mt. Everest mit 8848 m als Fixhöhe in unsere Aerotriangulation zu übernehmen. Da keine Passpunktmessungen geplant waren, wollte man nicht an der schon mehrmals bestimmten und seit vielen Jahren gültigen Höhe rütteln.

Resultate der Aerotriangulation

Fixpunkt Mt. Everest:

$$x = 27^{\circ} 59' 16''$$

$$y = 86^{\circ} 55' 40''$$

$$z = 8848 \text{ m} / 29028 \text{ ft.}$$

- Beobachtete Modelle: 77 in 8 Streifen
- Verwendete Passpunkte aus der MC-Beobachtung: 87
- Verwendete Verknüpfungspunkte (meist Gipfel oder Situationselemente): 148
- Zusätzlich verwendete Höhen von Schneider und der chinesischen Karte 1:50000 (1976) bei den Verknüpfungspunkten (teilweise nach den ersten Iterationen wieder eliminiert): 29
- Innere Blockgenauigkeit, berechnet aus Differenzen an Verknüpfungspunkten:
 $\sigma_{x,y} = 3,3 \text{ m}, \sigma_z = 2,5 \text{ m}$
- RMS, berechnet aus Differenzen an Passpunkten:
 $\sigma_{x,y} = 17,5 \text{ m}, \sigma_z = 10,6 \text{ m}$
- Geschätzte Standardabweichung der beobachteten Modellkoordinaten:
 $\sigma_0 = 6,0 \text{ m}$

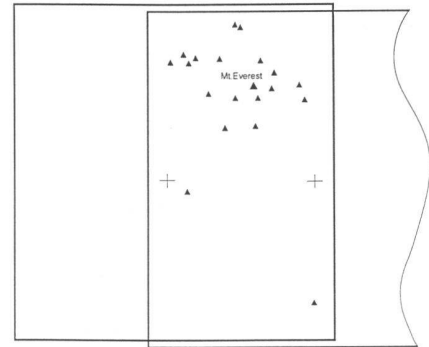


Abb. 10: Verteilung der Passpunkte zur absoluten Orientierung des MC-Stereomodells.

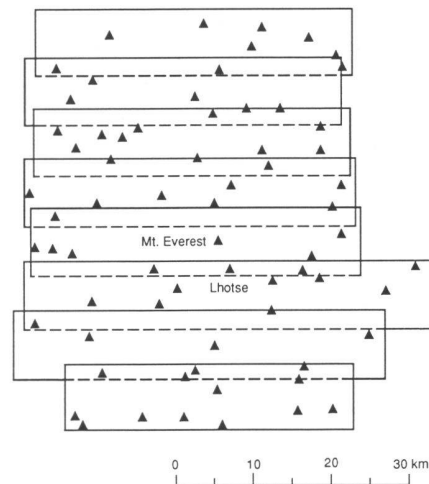


Abb. 11: Verteilung der MC-Passpunkte im Blockverband der Aerotriangulation.

5.3 Photogrammetrische Auswertung

Es war immer geplant, die photogrammetrische Auswertung nicht in 1 : 50 000 sondern in einem viel grösseren Massstab zu erstellen, um gleichzeitig eine Grundlage für zukünftige wissenschaftliche Arbeiten im Everestgebiet zu erhalten. Die ganze Auswertung erfolgte deshalb im Massstab 1 : 10 000 auf zehn Auswertebättern mit einer Kurvenäquidistanz von 20 m (1 : 50 000 40 m). Dank diesem grossen Massstab entstand eine sehr detaillierte Grundlage, wobei geplant ist, zu einem späteren Zeitpunkt diese als zwölfblättriges einfarbiges Kartenwerk 1 : 10 000 herauszugeben. Einen Ausschnitt des Pilot-sheets dieser Ausgabe zeigt Abb. 17. Dabei sind alle linearen Elemente unretouchiert von den in Direktgravur erstellten Auswertebättern 1 : 10 000 kopiert. Die Auswertebätter decken eine Fläche von 2,10 m × 3,65 m, womit auch verständlich wird, dass die Auswertung 2660 Stunden in Anspruch nahm. Die Auswertung erfolgte vollständig in Direktgravur auf K+E-Gravurfolien, wobei für die Kurven eine separate Folie verwendet wurde.

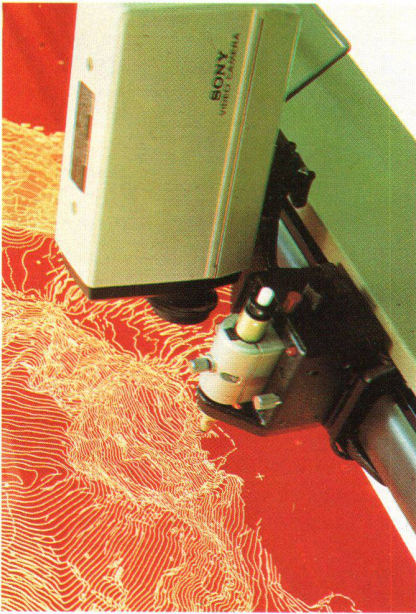


Abb. 12: Auswertung 1:10 000 in Direktgravur am TA-2 Tisch (B.W.).

Zum Zeitpunkt des Beginns der Auswertung im Frühjahr 1985 waren wir noch nicht im Besitze eines analytischen Auswertesystems. Aus diesem Grunde wurden die Auswertearbeiten am Wild A-8, ergänzt mit einem Wild RAP-System und TA-2-Tisch durchgeführt.

Schon vor dem Beginn der Auswertung wurden mit dem Bundesamt für Landestopographie (L+T) Darstellung und Codifizierung der Bodenbedeckung abgesprochen. Laufend wurden der L+T die fertigen Auswertungen, reduziert in den Massstab 1 : 20 000, für die kartographisch-redaktionellen Arbeiten abgegeben. Ebenso wurde von uns die definitive Zusammensetzung und Reduktion der Auswertung 1 : 10 000 in 1 : 50 000 erstellt. Diese Unterlagen dienen zur Ausarbeitung des Namen-Layouts, der Auswahl der Knoten für den Endmassstab 1 : 50 000 sowie für allgemeine kartographische Vorbereitungsarbeiten. Über die kartographischen Arbeiten berichtet Direktor F. Jeanrichard in einem separaten Artikel dieses Heftes.

Vergleicht man nun die neue Auswertung mit den existierenden Karten von Erwin Schneider 1 : 25 000 oder der Royal Geographical Society (RGS) 1 : 100 000, stellt man hinsichtlich der Geometrie der Kartenelemente sehr grosse Differenzen fest. Dies ist nicht erstaunlich, wenn man sich vergegenwärtigt, dass die erwähnten Karten in ihrer Gesamtheit einem Puzzle gleichen. Sind sie doch durch die Verarbeitung von Daten mit partiell sehr unterschiedlicher Qualität entstanden. Sehr gut sind die Unterschiede beim Vergleich von Kreten- und Gletscherverläufen sichtbar. Extrem gross sind die Differenzen erklärlicherweise bei den Höhenkurven.

Sicher ist diese neue Mt. Everest-Karte das erste Kartenprodukt dieser Gegend, welches eine sehr hohe innere Homogenität aufweist.

6. Druck der Karte

Da das National Geographic Magazine der National Geographic Society (NGS) monatlich in 11 Mio Exemplaren auf den Markt kommt, musste natürlich auch die Everest-Karte in dieser Auflagehöhe gedruckt werden. Alle NGS-Karten werden an einer sechsfarbigem Rollenoffsetmaschine mit einer Stundenleistung von ca. 30 000 Exemplaren gedruckt. Schon zu Beginn der Verhandlungen mit der NGS machte ich anhand einer Landeskarte der Schweiz 1:50 000 auf die notwendige hohe Passgenauigkeit der linearen Elemente aufmerksam. Die Meinung über die

Daten des Kartendruckes

- Druckgeschwindigkeit
20 000 Exempl. pro Stunde
- Druckzeit 20 Tage im 24 Stundenbetrieb.
- Total 11 Mio Exempl.
- Simultandruck 6-farbig Vorderseite, 5-farbig Rückseite
- Total wurden 662 Papierrollen verbraucht
- Gewicht pro Rolle 747 kg = total 494 414 kg
- Verbrauchte Druckfarben (vorrückseitig) 16 987 kg
- Papierband der 11 Mio Drucke = 10 560 km

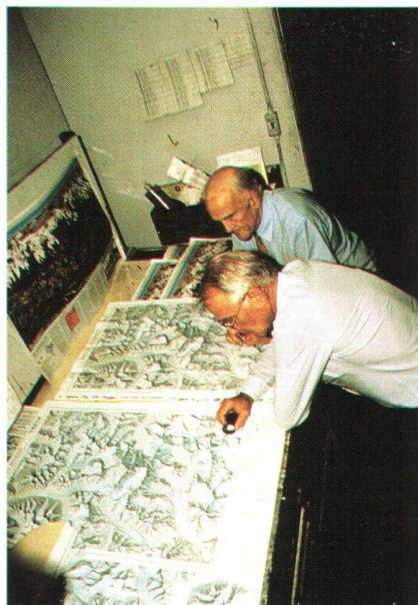


Abb. 13: Farbabstimmung in New Jersey beim Druckbeginn der 11 Mio Mt. Everest Karten (B.W.).

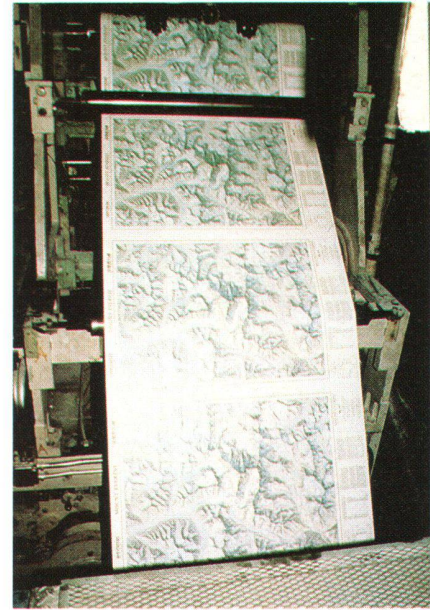


Abb. 14: Das Mt. Everest Papierband im 20 000 Stundentakt (B.W.).

Machbarkeit mit einer Rollenoffsetmaschine gingen ziemlich auseinander, und man beschloss daher, dies mit einer Druckprobe zu testen. Mit einem Satz Positivfilme des Jungfraublattes 1:50 000 wurden ca. 15 000 Drucke mit einer Endlaufzeit von 20 000 Drucken pro Stunde gedruckt. Das Resultat war erstaunlich gut und die Erleichterung bei der NGS entsprechend gross, da mit einem Druck an verschiedenen Bogenoffsetmaschinen nicht nur der Zeitplan, sondern auch die Kosten explodiert wären. Genau nach dem 1986 aufgestellten Zeitplan, auf den Tag genau am 22. August 1988, wurden der NGS die sechs Druckfilme für den Aufgedruck abgeliefert (schwarz, blau, grün, braun, 1.+2. Relief). Schon am 6. September 1988 stand ich in einer riesigen Halle mit fünf mehrfarbigen Rotationsmaschinen zur Farbabstimmung des Aufgedrucktes in New Jersey. Ein eindrückliches Erlebnis. Die Sechsfarben-Rotationsmaschine lief wegen des geforderten Passers «nur» mit 20 000 Drucken pro Stunde und druckte gleichzeitig auf der Vorderseite die sechsfarbige Everest-Karte und auf der Rückseite die fünffarbige «synthetische» Vogelschaukarte der NGS. Am Schluss des Druckganges wurde das Papierband in einem 300° Heizwerk (ca. 10 m lang) getrocknet, anschliessend über Kühlwalzen geführt und dann zum Kartenblatt geschnitten.

Bei vollem Lauf der Maschine begutachtete ich die ausgespuckten Karten, gab Farb- und Passerkorrekturen an den Druckchef weiter, der sie auf einer grossen Schalttafel als «+/-»-Korrektur an die Farbwerke bzw. «rechts-links-vor-rück»-Info an die Druckwerke eintippte. Ca. 20 000 Exemplare Makulatur waren bereits gedruckt, bis alle zufrieden waren



Abb. 16: Mt. Everest im Abendlicht, mit seiner typischen Wolkenfahne (NGS).

und der Standard für die 11 Mio Exemplare gesetzt war.

Die Aktivitäten rund um den Mt. Everest sind auch mit dem Druck der 11 Mio Karten noch nicht abgeschlossen. Im Moment entsteht eine Auswertung 1:5000 mit 5-m-Höhenkurven über eine Fläche von

102 km² mit dem Everest im Mittelpunkt. Mit diesen Unterlagen wird in Seattle, USA, ein Stufenrelief 1:2500 (290×220 cm) erstellt. Die Auswertung 1:5000 wird noch 1990 in vier Blättern als s/w-Karte herausgegeben.

Das Boston Museum of Science und die

Schweizerische Stiftung für Alpine Forschungen planen, 1990 eine zweite Auflage der Mt. Everest-Karte mit einer neuen Rückseite auf den Markt zu bringen, wobei die Karte in der Schweiz gedruckt wird.

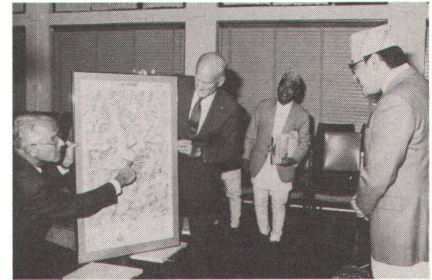


Abb. 15: Übergabe der ersten Karte an den König von Nepal, H.M. Birendra Bikram Shah Dev, Anfang Oktober 1988.

7. Ausklang

8 Jahre für eine Karte von 26×36,5 km oder 52×73 cm. In der gleichen Zeit werden bei uns und anderswo hunderte von Kartenblättern produziert. Aber ich glaube, alle die in irgend einer Form an der Erstellung dieses Kartenblattes teilhaben durften, werden es nie vergessen.

Eine Vielzahl von Leuten der verschiedensten Nationen trugen ihr Teil zum Gelingen des Projektes bei. Persönliche Freundschaften wurden geschlossen, Teamwork wurde gross geschrieben und funktionierte, Improvisation und Entscheidungsfreudigkeit war gefragt, ebenso viel Geduld, auch wenn es manchmal schwer fiel. Am Anfang war es nur ein Traum, jetzt ist es bereits Vergangenheit, von der wir aber noch lange träumen werden.

Literatur:

Grün, A., Spiess, E., 1986: Print positioning and mapping with Large Format Camera data. Proceedings IGARSS '86 Symposium, Zürich, 8.–11. Sept. 1986. Geocarto International (2) 1987, pp. 3–15.

Adresse der Verfasser:

W. Altherr
Swissair Photo+Vermessungen AG
Obstgartenstrasse 7
CH-8035 Zürich

Prof. Dr. Armin Grün
Institut für Geodäsie und
Photogrammetrie
ETH-Hönggerberg
CH-8093 Zürich

Abb. 17: Unretouchierte Originalauswertung 1:10 000 (Direktgravur), kombiniert mit Namen, Koten und Kurvenzahlen, sowie einem Raster in den Felsgebieten.

Ausschnitt aus Blatt 8 des Pilotsheet für die geplanten 12 einfarbigen Kartenblätter 1:10 000. ▶

