

3D-Rekonstruktion und Visualisierung des Reliefs der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer

Autor(en): **Visnovcova, Jana**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **99 (2001)**

Heft 7

PDF erstellt am: **10.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-235801>

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.

3D-Rekonstruktion und Visualisierung des Reliefs der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer

Das 27 m² grosse Relief der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer (1716–1802) bedeutete nach seiner Fertigstellung im Jahre 1786 die Erfindung einer neuen Dimension. Zum ersten mal bot sich die Gelegenheit, eine ausgedehnte alpine Landschaft aus der Vogelperspektive zu betrachten. Das virtuelle Modell des Pfyffer-Reliefs ermöglicht heute ein ähnliches 3D-Erlebnis und liefert die Grundlage für die erste exakte Genauigkeitsanalyse dieses Werkes. Der Beitrag präsentiert ein Verfahren der bildbasierten Objektrekonstruktion zur Erstellung eines präzisen und photorealistischen 3D-Modells des Pfyffer-Reliefs.

Le relief de Franz Ludwig Pfyffer, créé en 1786 et représentant la Suisse primitive sur une surface de 27 m², a permis de découvrir une nouvelle dimension. Pour la première fois, il était possible de visualiser le paysage alpin tel un oiseau. Le modèle virtuel de ce relief autorise aujourd'hui une telle vision tridimensionnelle et sert de base à une analyse exacte de la précision de l'œuvre de Pfyffer. Cet article présente une méthode de reconstruction automatique d'objets à partir d'une image. Cette méthode permet la création d'un modèle 3D précis et photoréaliste du relief de Pfyffer.

Il rilievo di 27 m² del centro della Svizzera, realizzato da Franz Ludwig Pfyffer nel 1786, rappresentò la scoperta di una nuova dimensione. Infatti per la prima volta venne offerta l'opportunità di osservare un esteso paesaggio alpino da una prospettiva aerea. Oggi il modello virtuale del rilievo permette una visione tridimensionale simile e fornisce gli strumenti per una prima analisi della precisione dell'opera di Pfyffer. Questo articolo descrive un procedimento di ricostruzione di oggetti a partire da immagini e il suo utilizzo per la realizzazione di un preciso e fotorealistico modello tridimensionale del rilievo di Pfyffer.

J. Visnovcova

Faszination 3D

Der Gedanke, die Landschaft – insbesondere die Bergwelt – von oben zu betrachten und plastisch darzustellen, ist einige Jahrhunderte alt. Die Tradition der Schweizerischen Reliefkartographie reicht zurück bis in das Jahr 1664, als Hans Conrad Gyger sein reliefartiges Kartengemälde des Kantons Zürich nach 38-jähriger Arbeit vollendete [1]. Seit dieser ersten naturalistischen Geländedarstellung erreichte die Schweizer Kartographie mit ihrer einzigartigen Schattierungsweise der Geländeformen Weltruhm.

Eine noch anschaulichere Art der Landschaftsdarstellung – der Reliefbau – wurde um 1750 durch die Fertigstellung des Pilatusmodells von dem Luzerner Franz Ludwig Pfyffer eingeleitet. Pfyffers nächstes Werk, das grosse Relief der Innerschweiz (1762–1786), begeisterte unzählige Besucher aus ganz Europa. Das Erlebnis, auf die alpine Landschaft herabzuschauen, war damals eine neuartige, faszinierende Raumerfahrung. Bis Mitte des letzten Jahrhunderts entstanden viele weitere, topographisch korrekte dreidimensionale Bergmodelle, die man heute in verschiedenen Schweizer Museen bewundern kann. Dieser Beitrag berichtet über den Einsatz moderner Technolo-



Abb. 1: Das 6,8 x 4,0 m² grosse Pfyffer-Relief (1762–1786).

gien der Photogrammetrie und Bildverarbeitung zur Rekonstruktion und Visualisierung des Pfyffer-Reliefs der Innerschweiz.

Das Relief der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer

Franz Ludwig Pfyffer von Wyher (1716–1802) wählte einen eigenen Weg zur Herstellung seines 6,8 x 4,0 m² grossen Wer-



Abb. 2: Ausschnitt aus der «Nouvelle carte de la Suisse» von Johan Jakob Scheuchzer (ca. 1720).

kes (Abb. 1). Statt sich auf die über hundert Jahre alten topographischen Grundlagen zu verlassen, beschloss er, das Gebiet der Innerschweiz selber zu vermessen: «Stück für Stück setzte er dann seine Aufnahme- und Modellierarbeiten über den weiteren Umkreis von Luzern fort. Während wohl zwei Jahrzehnten durchstreifte er die Innerschweiz, erstieg viele Gipfel, auch solche, die damals als unersteigbar galten. Er skizzierte Berge und Täler, zielte mit einfachem Gerät nach den verschiedensten Punkten und hielt seine Beobachtungen zeichnerisch fest. Ausgehend von der Spiegelhöhe des Vierwaldstättersees, suchte er barometrisch und trigonometrisch die Höhen zahlreicher Berge zu ermitteln» [2]. Das Ergebnis sind die im Massstab von etwa 1:12 500 für die Horizontal- und 1:10 000 für die Vertikalrichtung abgebildeten Kantone Luzern, Unterwalden und Zug sowie angrenzende Kantonsteile von Uri, Schwyz und Bern. Das Relief stellt topographisch die Fläche von über 4100 km² dar, was ungefähr $\frac{1}{10}$ der Schweiz entspricht. Franz Ludwig Pfyffer gelang es als Erstem, den Umriss des Vierwaldstättersees annähernd formgetreu wiederzugeben (vgl. dazu Abb. 2, den Ausschnitt aus der Scheuchzer-Karte, die damals als eine

wichtige topographische Grundlage galt). In den Jahren 1777–1786 wurden einige Folgekarten zu Pfyffers Werk herausgegeben, unter ihnen die Karte von Jakob Joseph Clausner, die im ersten Atlas Suisse erschien [3].

Das Relief von Franz Ludwig Pfyffer ist sowohl in topographischer als auch in kultureller Hinsicht ein Werk von internationaler Bedeutung [4]. Es steht seit 1873 im Gletschergarten Luzern. Nach dreijähriger Restaurierung präsentiert es sich wieder in frischen Farben und in einer völlig neuen Installation.

Das virtuelle Pfyffer-Relief im digitalen Zeitalter

Bisher wurde das Relief der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer vorwiegend aus dem kulturhistorischen Blickwinkel gewürdigt. Die erste exakte Untersuchung über den für dieses Werk so wichtigen geometrischen Aspekt wird jetzt im Rahmen einer Dissertation am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich erarbeitet. Im Auftrag des Kulturgüterschutzes Luzern und des Schweizerischen Nationalfonds erfolgt die Rekonstruktion des Pfyffer-Reliefs zur Erstellung eines virtuellen Modells für zwei Zwecke:

- (1) Sicherheitsdokumentation des heutigen Relie fzustands. Nach neuesten Erkenntnissen zum Schutz und zur Archivierung historischer Objekte soll ein Digitales Oberflächenmodell und ein Orthobild des Pfyffer-Reliefs generiert werden.
- (2) Analyse der Lage- und Höhengenaugigkeit. Für die Forschung im Bereich Kartengeschichte soll das Relief mit aktuellen digitalen Kartenwerken und Geländemodellen mathematisch verglichen werden. Von der Genauigkeitsanalyse werden neue Erkenntnisse über die Vermessungsweise Pfyffers erwartet.

Die Projektziele setzen hohe Ansprüche an die Qualität des 3D-Modells, welches durch Verfahren der bildbasierten Objekt-rekonstruktion erstellt wird. Ein weiterer wesentlicher Projektaspekt ist die Visualisierung. Da es sich um eine interdisziplinäre Arbeit an der Schnittstelle Wissenschaft und Kunst handelt, spielt eine gute Präsentation der Ergebnisse eine wichtige Rolle. In diesem Beitrag wird vor allem die Rekonstruktion und Visualisierung des Pfyffer-Reliefs behandelt; die Methoden und Ergebnisse der Genauigkeitsanalyse werden in einem anderen Rahmen ausführlich publiziert.

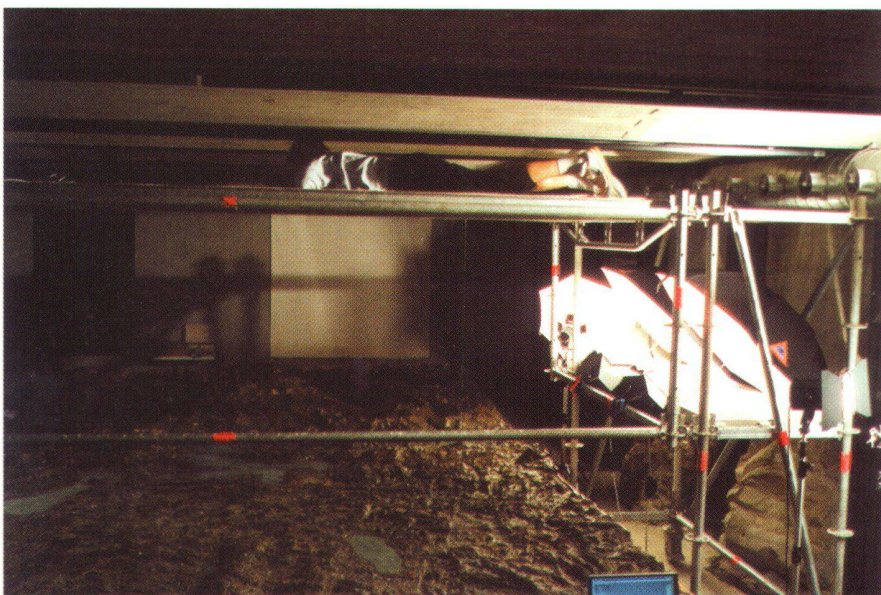


Abb. 3: Bildakquisition.



Abb. 4: Trigonometrische Passpunktbestimmung.

Datenakquisition

Das Relief befindet sich im Untergeschoss des Museums in einem engen Raum ohne Naturlicht auf einem Tisch ca. 65 cm über dem Boden. Diese Bedingungen machen sowohl die Bildakquisition als auch die Passpunktvermessung zu einer technischen Herausforderung. Die «Luftbilder» wurden von einem ca. 185 cm hohen Gerüst aus wie folgt aufgenommen (Abb. 3):

- 87 Farbbilder mit der analogen metrischen Kamera Rollei 6006 im Masstab 1:25 (Bildformat 6 x 6 cm²),
- 50 Farbbilder mit der digitalen Kamera Kodak/Nikon DCS460 mit der Objektauflösung 0,6 mm (Bildgröße 3060 x 2036 Pixel).

Um die spiegelnde Reflexion auf der glänzenden Reliefoberfläche zu vermeiden, wurden für die Beleuchtung Scheinwerfer in Kombination mit Diffusionsschirmen benutzt. Für die Bestimmung des Masstabes und der Orientierung der Bilder dienten auf der Reliefoberfläche aufgeklebte Passpunkte, die mit dem industriellen Messsystem Axyz von Leica vermessen wurden (Abb. 4). Aus der Auswertung der Doppelmessungen hat sich für den Raumvektor der Passpunkte die a-posteriori Standardabweichung von 0,089 mm ergeben. Unter Berücksichtigung der ungünstigen Platzverhältnisse, welche zu flachen Visuren und breitwinkligen Strahlenschnitten führten, entspricht diese Genauigkeit den Erwartungen. Für die photogrammetrische Auswertung ist sie ausreichend.

Photogrammetrische Auswertung

Aufgrund der hohen Qualitätsanforderungen wurden als Primärdatensatz analoge Bilder gewählt. Die photogrammetrische Auswertung erfolgt manuell an einem Analytischen Plotter und ist noch nicht abgeschlossen. Dieser Bericht enthält die Ergebnisse des Pilotprojektes, welches die Auswertung eines etwa 220 x 150 cm² grossen Relieftails zum Ziel hatte. Um eine optimale Arbeitsmethodik für die Untersuchung des gesamten Reliefs zu entwickeln, wurden für das Pilotpro-

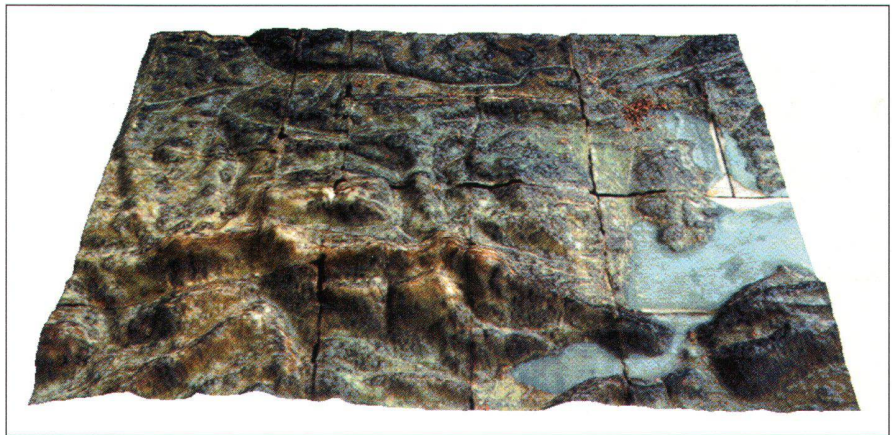


Abb. 5: Der photogrammetrisch rekonstruierte Teil des Pfyffer-Reliefs.

jekt zwei unabhängige Blöcke analoger Bilder in den Masstäben 1:25 (8 Bilder in zwei Streifen) bzw. 1:30 (5 Bilder in einem Streifen) aufgenommen und in folgenden Schritten ausgewertet:

Scannen der Bilder:

Für die Auswertung im automatischen Modus wurden alle 13 Bilder mit einer Auflösung von 1200 dpi gescannt.

Triangulation:

Beide Blöcke wurden manuell an einem Analytischen Plotter sowie halbautomatisch mit mehreren digitalen photogrammetrischen Stationen (Match-T, SocetSet, Phodis) trianguliert.

Erstellung eines Digitalen Oberflächenmodells (DOM):

Die Generierung des DOM mit der Rasterweite 5 mm erfolgte für beide Blöcke automatisch mit mehreren Systemen. Als Referenz wurde ein Teil des Modells manuell ausgemessen. Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass mit automatischen Verfahren die gewünschte Genauigkeit des DOM nicht erreicht wird. Die Höhenunterschiede zwischen automatisch erstellten DOMs und manueller Referenz steigen stellenweise auf bis zu 6 mm, was in einem Datensatz, der die maximale Höhendifferenz von etwa 160 mm aufweist, nicht akzeptabel ist. Dabei kann für die manuellen Messungen die theoretische Genauigkeit von 0,3 mm (0,15% der Flughöhe über dem Objekt) erwartet

werden. Der Hauptgrund der Fehler liegt in den Matchingalgorithmen, die mit der nicht kontinuierlichen Reliefoberfläche Probleme haben. Da wir insbesondere für den Analyseteil des Projektes ein sehr präzises DOM benötigen, entschieden wir, das gesamte Relief manuell zu messen.

Generierung der Orthobilder:

Für die Herstellung der Orthobilder und Mosaikierung wurde das System SocetSet benutzt. Die Objektauflösung von 0,5 mm gewährleistet, dass auch die kleinsten Einzelheiten in den Bildern sichtbar sind.

Kartierung:

Um einen Vektordatensatz für die Genauigkeitsanalyse des Pfyffer-Reliefs zu bekommen, wurden die wichtigsten Reliefobjekte – Wege, Flüsse, Seeufer, Siedlungen usw. – dreidimensional erfasst.

Visualisierung

Alle photogrammetrischen Produkte des Pfyffer-Reliefs, sowie die aktuellen Kartendaten des Gebiets werden in ArcView GIS verwaltet. Für die Visualisierung und Präsentation der Ergebnisse werden auch andere Softwarepakete benutzt: Virtual GIS von Erdas, SGI Performer und Netscape CosmoPlayer. Diese Produkte erlauben, das DOM mit dem hochauflösenden Orthobild zu überlagern und Realtime-Demos und Videos zu erstellen. Ein virtueller Flug über das historische Relief oder eine Online-Interaktion mit dem Modell wirken heute genauso neuartig und

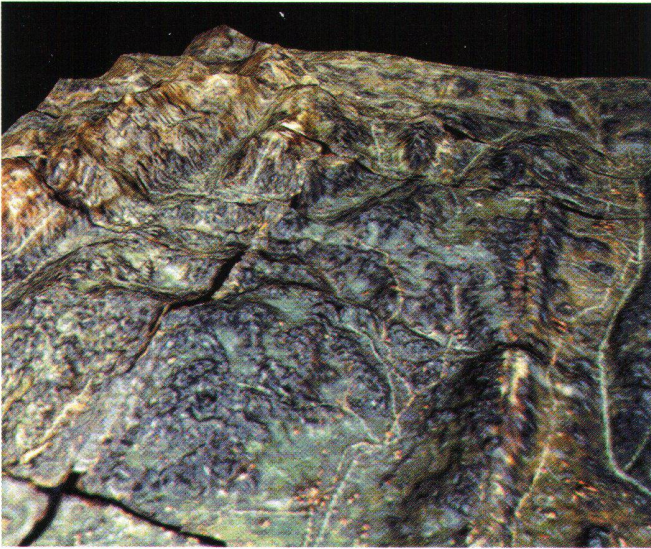


Abb. 6: Ansicht des virtuellen Pfyster-Reliefs: In der Bildmitte befindet sich Eigental, hinten liegt Pilatus und rechts fliesst die Kleine Emme.

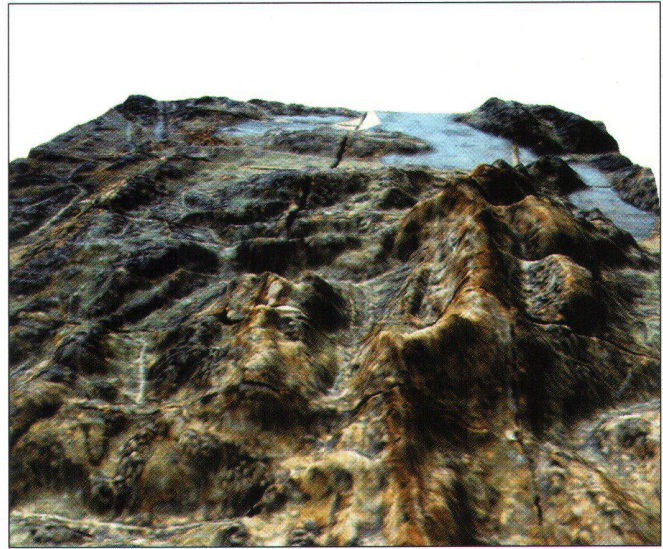


Abb. 7: Blick über Pilatus auf Vierwaldstättersee und Luzern.

faszinierend wie im Zeitalter Pfyffers das Werk selbst. Die Ergebnisse der Visualisierung sind in Abb. 5–7 dargestellt.

Genauigkeitsanalyse des Pfyffer-Reliefs

Im ersten Schritt der Analyse wird die 2D-Genauigkeit des Pfyffer-Reliefs untersucht. In dem historischen Datensatz und der heutigen Landeskarte 1:25 000 wurden 57 identische Punkte definiert und nach ihrer Zuverlässigkeit gewichtet. Aus der gewichteten Affintransformation haben sich für die absolute Genauigkeit des Reliefs folgende Werte ergeben: Die 57 untersuchten Punkte weichen durchschnittlich um 229 m in X-Richtung und um 210 m in Y-Richtung von der Landeskarte ab, was im Relief 2,1 und 1,8 cm entspricht (Durchschnitt der Absolutwerte). Diese Zahlen schliessen nicht nur die Genauigkeit von Pfyffers Vermessung ein, sondern auch den Einfluss des Reliefbaus. Wenn wir beachten, dass dieses grosse Relief lange vor dem ersten modernen schweizerischen Kartenwerk von Henri Dufour erstellt wurde, und dies in einer gesellschaftlich ungünstigen Zeit für eine aufwändige Alpenerforschung, ist Pfyf-

fers Leistung auch in vermessungstechnischer Hinsicht hervorragend.

Schlussfolgerungen

Digitale Technologien des 20. Jahrhunderts bringen neue Möglichkeiten zur Dokumentation und Erforschung des Reliefs der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer. Zum ersten Mal wird dieses für die Schweizerische Kartographie bahnbrechende Werk exakt vermessen und analysiert. Zur Zeit läuft die photogrammetrische Auswertung des gesamten Werks und die Weiterentwicklung der Methoden zur Höhenanalyse des Pfyffer-Reliefs.

Danksagung

Ich danke Prof. Dr. Ingensand von unserem Institut für die Hilfsbereitschaft bei der Passpunktvermessung und der Fachhochschule beider Basel für das Ausleihen der digitalen Kamera. Schliesslich möchte ich mich bei meinen Hilfsassistenten Christian Jecklin, Christian Waldvogel, Stefan Ziegler, Matthias Boesch und Christian Tribelhorn für ihre Mitarbeit bedanken.

Literatur:

- [1] Cavelti Hammer, M., 1996: Die Entwicklung der Reliefkartographie seit 1660. In: Farbe, Licht und Schatten, Sonderheft Nr. 13 der Fachzeitschrift für Kartengeschichte Cartographica Helvetica, Seiten 3–35.
- [2] Imhof, E., 1981: Bildhauer der Berge. Ein Bericht über alpine Gebirgsmodelle in der Schweiz. Verlag des SAC 1981, 166 Seiten.
- [3] Cavelti Hammer, M., 1998: Herstellung und Auswirkungen des Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer. In: Cartographica Helvetica 18, Seiten 11–17.
- [4] Bürgi, A., 1998: Der Blick auf die Alpen: Franz Ludwig Pfyffers Relief der Urschweiz (1762 bis 1786). In: Cartographica Helvetica 18, Seiten 3–9.

Jana Visnovcova
 Institut für Geodäsie und
 Photogrammetrie, ETH Zürich
 ETH-Hönggerberg
 CH-8093 Zürich
 jana@geod.baug.ethz.ch