



Doctoral Thesis

Das Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer (1716-1802) 3D-Rekonstruktion, Analyse und Interpretation

Author(s):

Niederöst, Jana

Publication Date:

2005

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005026536> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 16077

**Das Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer (1716-1802):
3D-Rekonstruktion, Analyse und Interpretation**

Abhandlung
zur Erlangung des Titels

Doktorin der technischen Wissenschaften

der

Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich

vorgelegt von

Jana Niederöst
Ingenieurin der Geodäsie und Kartographie
der Slowakischen Technischen Universität Bratislava
geboren am 31. Januar 1972

Angenommen auf Auftrag von:

Prof. Dr. Armin Grün, Referent
Prof. Dr. Lorenz Hurni, Korreferent
Dr. Andreas Bürgi, Korreferent
Madlena Cavelti Hammer, lic. phil. II, Korreferentin

2005

Zusammenfassung

Das in vierzigjähriger Arbeit geschaffene und heute im Gletschergarten Museum in Luzern ausgestellte Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer von Wyher (1716-1802) ist ein Meilenstein auf dem Weg zu einer anschaulichen Landschaftsdarstellung und somit einer der Ausgangspunkte der modernen Kartographie. Dieses 6,7 m x 3,9 m grosse Werk mit dem verwinkelten Vierwaldstätter See im Zentrum entstand anhand von eigenen Vermessungen seines Luzerner Erbauers. Im unerforschten Alpenraum des 18. Jahrhunderts ist das 1786 fertiggestellte Relief zu einem „virtuellen Flug“ über das ausgedehnte Gelände geworden, zu einer internationalen Berühmtheit, von unzähligen namhaften Persönlichkeiten besucht und in zeitgenössischen Reiseberichten begeistert beschrieben. Nach der Jahrhundertwende wurde das Relief durch die Fortschritte in der Geodäsie und Kartographie in den Hintergrund gedrängt und das Interesse daran nahm allmählich ab. Seine vielfältigen Interpretationen, die weit über den topographischen Aspekt hinaus in politische, militärische und ästhetische Bereiche gehen, sind in ihrer ganzen Breite noch nie aufgezeigt und dokumentiert worden.

Da beinahe alle schriftlichen Primärquellen zum Relief und dessen Schöpfer als verloren gelten, wird in der vorliegenden Arbeit das topographische Werk Pfyffers als Quelle behandelt. Mit den modernen Mitteln der Photogrammetrie und Bildverarbeitung wird ein präzises, massstabsgetreues 3D-Computermodell der Relieflandschaft erstellt. Im zweiten Schritt erfolgt die Entwicklung von Verfahren zur kartographischen Genauigkeitsanalyse. Durch die Anwendung dieser Methoden auf das virtuelle Relief sowie auf die zugehörigen Altkarten können neue Informationen zur Entstehungsgeschichte des Reliefs gewonnen werden. Anschliessend wird die Vermessungsweise von Pfyffer rekonstruiert, und seine Leistung wird in den komplexen Zusammenhängen der vermessungstechnischen und gesellschaftlichen Entwicklung jener Zeit gewürdigt.

Zur digitalen 3D-Rekonstruktion des Reliefs der Urschweiz kommt das Verfahren der photogrammetrischen Stereoauswertung zum Einsatz. Das Objekt wird mit einer analogen sowie mit einer CCD-Kamera flächendeckend aufgenommen. Aufgrund der hohen Genauigkeitsanforderungen erfolgen die Phototriangulation sowie die Messung eines digitalen Höhenmodells (DHM) manuell an einem Analytischen Plotter. Wie die eingehenden Untersuchungen der Leistungsfähigkeit von automatischen Matching-Algorithmen zeigen, führen letztere zu vielen groben Fehlern und einem mittleren Höhenfehler, der weit über der Genauigkeit der manuellen Messung liegt. Das generierte DHM in einem interpolierten regelmässigen Rasterformat besteht aus etwa 256'000 Punkten und besitzt eine geschätzte Genauigkeit von 0,78 mm. Die mit einer hohen Auflösung gescannten analogen Bilder werden rechnerisch entzerrt und zu einem Mosaik zusammengesetzt. Durch die Überlagerung des DHMs mit dem Orthobild ergibt sich ein interaktives photorealistisches Modell, welches aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet und in Echtzeit navigiert werden kann. Das virtuelle Relief kann einerseits als digitale Sicherheitsdokumentation im Falle grösserer Beschädigungen bei der Restaurie-

rung beigezogen werden. Andererseits stellt es eine Basis für die weiteren umfassenden Messungen dar, die nun anstatt unmittelbar am detailreichen Original effektiv und komfortabel am Computer getätigt werden können.

Im zweiten Hauptteil werden zunächst die grundlegenden Methoden zur Genauigkeitsanalyse von Altkarten und Reliefs in einer einheitlichen Terminologie zusammengestellt und evaluiert. Es zeigt sich, dass die wenigen in der Literatur dokumentierten Ansätze sich auf Karten beschränken; vergleichbare Untersuchungen im dreidimensionalen Raum liegen bis jetzt keine vor. Die wichtigsten beschriebenen Methoden basieren auf einer Koordinatentransformation zwischen den homologen Punkten in einer alten Aufnahme und in der modernen Karte. Dabei liegt das Schwergewicht der vorliegenden Arbeit – über die einfache Punkttransformation hinaus – in der Ableitung der metrischen Parameter einer Altkarte bzw. eines Reliefs. Insbesondere soll die 3D-Affintransformation erwähnt werden, bei welcher die Massstäbe, Rotationswinkel und Scherungen erstmals isoliert werden und deren Bedeutung aufgezeigt wird. Anschliessend wird ein Forschungsansatz zur Genauigkeitsanalyse von Altkarten und Reliefs hergeleitet und als benutzerfreundliche Software implementiert. Die Analyse beginnt mit der Vorbereitung von Eingangsdaten und der Definition von identischen Punkten. Nach einer geeigneten Transformation erfolgt die Georeferenzierung der alten Aufnahmen, bevor die Verzerrungsgitter erstellt werden. Zum Schluss wird mit einem neuen Verfahren die Genauigkeit der flächenförmigen Karten- bzw. Reliefobjekte ermittelt.

Der dritte Hauptteil der vorliegenden Arbeit befasst sich mit der Interpretation der durch die Genauigkeitsanalyse erzielten Ergebnisse. Unter Berücksichtigung der 10 erhalten gebliebenen Briefe von Pfyffer an den Genfer Physiker und Geodäten Jacques-Barthélemy Micheli du Crest (1690-1766) wird Pfyffers Vorgehen bei den Winkel-, Distanz- und Höhenmessungen rekonstruiert. Zur Landesaufnahme griff Pfyffer auf das Verfahren der Triangulation zurück. Er richtete seine Werke mittels einer Kompassnadel aus, die zu jener Zeit um etwa 14,75 Grad von der geographischen Nordrichtung abwich. Daraus lässt sich auf den bisher unbekanntem Beginn seiner Vermessungen schliessen (um 1747). Die mittleren Restfehler in X- und Y-Richtung betragen beim Relief sowie bei seinen zwei Übersichtskarten etwa 480 m. Am besten ist die Landschaft um die Stadt Luzern abgebildet, in den abgelegenen Gebieten nimmt die geometrische Qualität von Pfyffers Werken ab. Zur Höhenbestimmung setzte Pfyffer sowohl das Barometer als auch trigonometrische Verfahren ein. Die Meereshöhe seines Ausgangshorizonts – des Vierwaldstätter Sees – ermittelte er mit einer hervorragenden Genauigkeit von 6 m. Interessant ist auch die korrekte Benennung und präzise Vermessung einiger Gipfel der Berner Alpen (innerhalb 20 m), womit er zur Bewältigung einer der grössten wissenschaftlichen Herausforderungen in der Schweiz des 18. Jahrhunderts beitrug. Zum Schluss wird die vermessungstechnische Leistung Pfyffers mit dem damaligen „State of the Art“ in Europa verglichen. Es wird aufgezeigt, dass sich seine Grundrisserfassung mit den Arbeiten aus anderen Gebieten und Ländern durchaus messen kann. Seine Pioniertat waren die flächendeckenden Höhenmessungen. Mit dem Relief der Urschweiz sowie mit der *Carte en Perspective du Nord au Midi* (1786) leitete Pfyffer die neue Ära der kartographischen Höhenvermittlung ein.

Summary

The subject of this thesis is one of the most spectacular relief models in history, a large three-dimensional representation of Central Switzerland constructed by Franz Ludwig Pfyffer von Wyher (1716-1802). This masterpiece measures 6.7 m x 3.9 m and is on a scale of about 1:11500. Pfyffer finished it in 1786 using his own measurements, which he took over a period of 40 years, decades before the first Swiss national triangulation system was established. In the eighteenth century, the relief was a novelty, offering observers a “virtual flight” over a mountainous region that was still unexplored at that time. Contemporary travel writers from all over Europe described their fascination with the model. However, with the appearance of new, more precise maps at the turn of the century, opinions on the topographic quality of the relief started to change: the model was considered merely as a piece of craftwork and was practically forgotten. The manifold possible implications of the relief – not only its topographic, but also its cultural, political, military and aesthetic aspects – have not yet been investigated.

Due to the scarcity of written documentation, this study is based on information derived from Pfyffer’s topographic work. First, a precise true-scaled 3D computer model of Pfyffer’s Relief was created with the help of photogrammetry and image processing procedures. Next, methods for the quantitative analysis of early cartographic works were developed. These methods were then applied to the computer model of Pfyffer’s Relief and related maps of the region, so that new information regarding the process of the relief creation could be extracted. Finally, Pfyffer’s achievement is compared with that of his contemporaries.

In order to produce a 3D computer model of Pfyffer’s Relief, image-based object reconstruction techniques were applied. From a construction platform fixed at a height of 185 cm above the relief, two sets of images (analogue and digital) were taken, both providing stereo overlap for the whole object. As high accuracy was required and automated image-matching did not bring the expected performance, the phototriangulation and digital elevation model (DEM) measurements were carried out manually on an analytical plotter. The final product of the DEM generation was a regular raster with a grid width of 1 cm and an estimated accuracy of 0.78 mm. The analogue images were scanned at a high resolution, orthorectified and combined to form an orthomosaic. The orthomosaic was then superimposed on the DEM to produce an interactive photorealistic 3D model of the object, which could be used to help reconstruct the physical model in case of damage. The accuracy analysis described below was based on this computer model, as it is much easier and more effective to take measurements on the screen than directly from the complex relief surface.

In the second section of the thesis, fundamental methods for accuracy assessment of old maps and models are described in standard terminology and evaluated. There are only few publications dealing with this topic and those that exist merely analyse old maps: there are no such

studies of three-dimensional works. The presented methods are based on a coordinate transformation between identical points in the analysed object and in the modern map. The main focus of this study – beyond the transformation of points – was to determine the metric parameters of a historical map or model. In particular, the 3D affine transformation should be noted. This is the first time that scales, rotation angles and shear values have been isolated and their significance analysed. A new approach for the whole process of accuracy analysis in early cartographic works was developed and implemented in a user-friendly software. The analysis starts with the preparation of input data and the definition of identical points. After the appropriate coordinate transformation, the map or model is georeferenced and a distortion grid is calculated. Finally, a new technique is used to determine the accuracy of polygonal map or relief features.

The third part of the thesis interprets the results achieved by the accuracy analysis. Based on ten of Pfyffer's letters to the famous Swiss scientist Micheli du Crest (1690-1766), Pfyffer's methods for angle, distance and height measurements were reconstructed. It can be concluded that he defined a mesh of large triangles, which he surveyed precisely by triangulation. He oriented his cartographic products using a compass. The orientation angle corresponds with the magnetic north pole, which differed from the geographic one by approximately 14.75 degrees at that time. Thus, the starting date of Pfyffer's surveying can be estimated as about 1747. The planar accuracy of both Pfyffer's Relief and two of his middle-scale maps is roughly 480 m (standard deviation in X- and Y-direction). It is most precise for the area around the city of Lucerne, whereas the geometric quality decreases in more distant regions. Pfyffer's principal instrument for measuring heights was the barometer. He chose Lake Lucerne as a zero horizon for his height measurements and estimated its height above sea level with an excellent accuracy of 6 m. Other remarkable achievements include his height measurements in the Bernese Alps. Applying trigonometric measurements he succeeded in precisely determining the heights of the Eiger, Mönch, Jungfrau, Finsteraarhorn, Wetterhorn, Schreckhorn and Gross Fieschhorn (height error < 20 m), thus solving one of the great scientific problems in the eighteenth century in Switzerland. Finally, the geodetic achievements of Pfyffer were compared with state-of-the-art techniques in Europe at that time. It is shown that his work is comparable with the maps of other regions and countries. His major contribution to progress was systematic height measurement throughout a given area, which marked the start of a new era in cartographic height representation.