

**Zeitschrift:** Cartographica Helvetica : Fachzeitschrift für Kartengeschichte  
**Herausgeber:** Arbeitsgruppe für Kartengeschichte ; Schweizerische Gesellschaft für Kartographie  
**Band:** - (2002)  
**Heft:** 26

**Artikel:** Das Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer : digitale Dokumentation und vermessungstechnische Aspekte  
**Autor:** Niederöst, Jana  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-13377>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 28.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Das Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer: Digitale Dokumentation und vermessungstechnische Aspekte

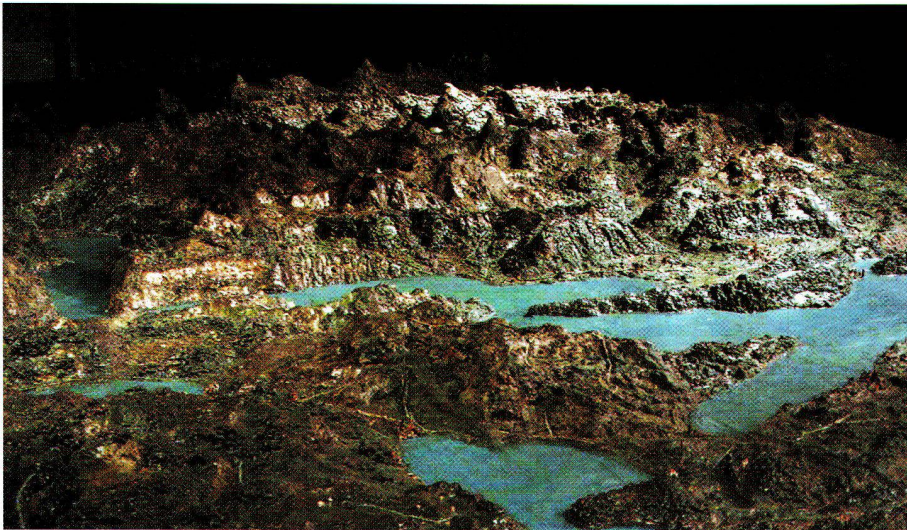


Abb. 1: Blick auf das 26 m<sup>2</sup> grosse Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer von Wyher, erstellt von 1762 bis 1786.

*In der Wohnung des Hrn. General Pfyffers von Wyer ist eine der sehenswürdigsten Sachen der Stadt Luzern anzutreffen; nämlich, die topographische Vorstellung eines grossen Theils der Eidsgenossenschaft, so von ihm selbst mit vieler Mühe und Kunst verfertigt worden, und von Kennern auf das Höchste bewundert wird. Es bestehet aus einem Modell in erhabner Arbeit; das meiste ist von Wachs, die Berge von Stein; alles hat die Farben der Natur. Die Buchen- und Fichtenwälder sind sehr kenntlich von einander unterschieden, wie dann auch die Vorflächen jeden Bergs, und seine ganze Gestalt genau angegeben wird. Er hat selbst auf den Plätzen die Plane aufgenommen, die Höhe der Berge gemessen, und alles in gehöriger Proportion aufgetragen. Das Ganze ist darinnen auch bis auf das Kleinste richtig, und enthält nicht nur alle Berge, Seen, Flüsse, Städte, Dörfer und Wälder, sondern auch jede Hütte, Loch, Brücke, Pfad; ja sogar jedes Kreuz wird genau und deutlich vorgestellt [...].<sup>1</sup>*

Mit diesen Worten beschrieb der Staatsmann und Zürcher Bürgermeister Hans Jacob Leu (1689–1768) in seinem berühmten schweizerischen Lexikon das Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer von Wyher (1716–1802). Das ca. 3,90 x 6,70 m grosse Werk (Abb. 1), das die Kantone Luzern, Zug, Ob- und Nidwalden sowie angrenzende Kantonsteile von Uri, Schwyz und Bern im Massstab von etwa 1:11500 abbildet, begeisterte lange vor seiner Fertigstellung im Jahre 1786 unzählige Besucher aus ganz Europa. Das Relief der Urschweiz

ist aber nicht nur eine faszinierende dreidimensionale Darstellung einer ausgedehnten alpinen Landschaft, sondern auch eine deutliche Verbesserung der damaligen topographischen Grundlagen. Ganze 24 Jahre vergingen, bis der Luzerner General Franz Ludwig Pfyffer sein Werk vollendet hatte: Als Erster hatte er unermüdlich und konsequent das Prinzip der Landesvermessung und dreidimensionale Landschaftsdarstellung auf einen grossen Teil der Schweiz angewendet. Das Ergebnis ist somit ein Meilenstein für die schweizerische Kartographie und das wichtigste kulturhistorische Ausstellungsobjekt im Gletschergarten Museum Luzern.

Bisher wurde das Relief der Urschweiz von Pfyffer vorwiegend aus dem kulturhistorischen Blickwinkel gewürdigt. In der Literatur finden wir einige Abhandlungen zur Entstehung und Bedeutung des Reliefs.<sup>2</sup> Unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und durch lokale Kulturstiftungen wird jetzt eine umfassende interdisziplinäre Untersuchung über die Person und das Werk von Pfyffer sowie über die zugehörigen Karten durchgeführt. Die im November 2001 abgeschlossene Restaurierung ermöglichte einen Blick ins Innere des Reliefs, und durch die Entfernung der Wachs- und Staubschicht vieler Jahrzehnte kamen die ursprünglich verwendeten Farben wiederum zum Vorschein. Gleichzeitig erfolgte eine systematische Fotodokumentation und Bestandesaufnahme der einzelnen Reliefteile. Ein wichtiger Teil dieser interdisziplinären Arbeit ist die erste exakte Erforschung der geometrischen Eigenschaften des Reliefs der Urschweiz. Sie wird im Rahmen einer Dissertation am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich erarbeitet. Das Relief ist eine plastische Abbildung des Terrains, welche ohne zuverlässige Kartenwerke, jedoch mit dem Ziel höchstmöglicher Genauigkeit und Vollständigkeit auf der Basis von Pfyffers Vermessungen erstellt wurde. Daher ist es angebracht, das Relief mit den aktuellen Karten und Geländemodellen zu vergleichen und auf seine geometrischen Aspekte im Detail einzugehen.

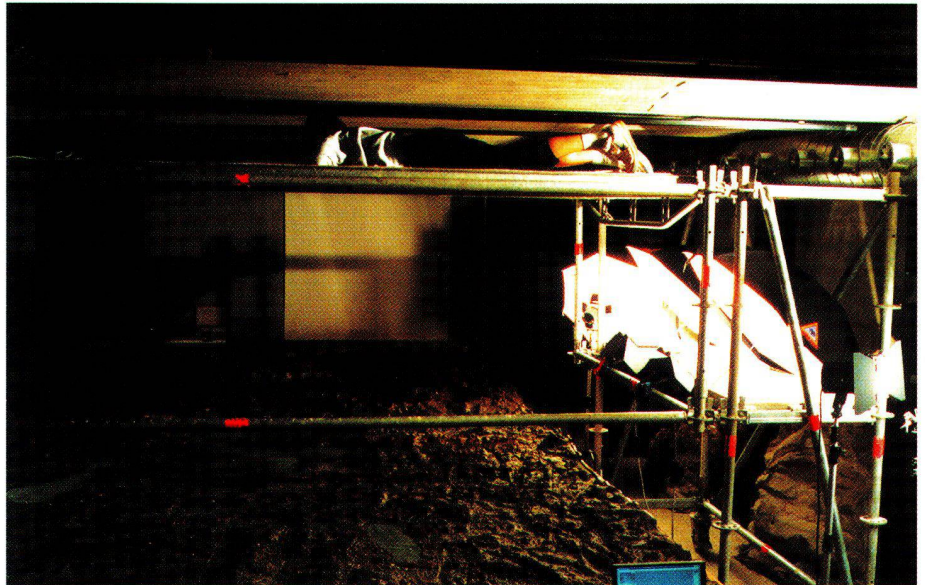
Da es schwierig oder gar unmöglich ist, die Genauigkeit eines so grossen Werkes direkt am Objekt zu untersuchen, wird eine indirekte Methode eingesetzt: Aus einer Reihe photogrammetrischer Aufnahmen<sup>3</sup> wird ein

massstabgetreues präzises Computermodell des Reliefs erstellt. Dieses «virtuelle Relief der Urschweiz» stellt die modernste Form der Sicherheitsdokumentation des wertvollen Originals für den Kulturgüterschutz Luzern dar. Zudem ist es nun möglich, das rekonstruierte 3D-Modell im Computer mit den heutigen Kartenwerken zu vergleichen. Die Bewunderung über die Genauigkeit des *bis auf das Kleinste richtigen* (siehe einleitendes Zitat) Reliefs, bisher auf visuellen Beurteilungen basierend<sup>4</sup>, kann damit exakt in Zahlen ausgedrückt werden. Ein weiteres Ziel umfasst die Analyse der erhalten gebliebenen Quellen zur Vermessungsweise von Pfyffer. Davon werden neue Erkenntnisse über die Vermessungsverfahren erwartet, welche vor der ersten Landesvermessung und somit vor dem Aufbau der schweizerischen geodätischen Grundlagen angewendet wurden.

### Das Computermodell des Reliefs der Urschweiz

Die gesteckten Forschungsziele setzen hohe Ansprüche an die Qualität des 3D-Modells des Reliefs der Urschweiz. Da das rekonstruierte digitale Modell die Basis für alle weiteren Berechnungen darstellt, darf seine Abweichung vom «echten» Relief maximal 1 mm betragen. Das Computermodell wird durch das Verfahren der bildbasierten Objektrekonstruktion generiert: Von einem Gerüst aus wurden 87 analoge Bilder im Massstab 1:23 senkrecht aufgenommen, welche die gesamte Relieffläche stereoskopisch bedecken (Abb. 2 und 3). Vor der Bildakquisition wurden einige kleine Zielmarken auf die Reliefoberfläche aufgeklebt und deren räumliche Lage wurde mit einem Theodolit-Messsystem sehr präzise bestimmt. Diese sogenannten Passpunkte dienen zur Einrichtung eines metrischen Bezugs zwischen den Aufnahmen und dem fotografierten Objekt.

Aufgrund der hohen Genauigkeitsanforderungen erfolgt die Auswertung manuell an einem analytischen Plotter. Um alle aufgenommenen Bilder rechnerisch verknüpfen zu können, wird eine Triangulation durchgeführt. In diesem Schritt werden korrespondierende Punkte in mehreren sich überlappenden Bildern gemessen. Als Ergebnis liegen sämtliche Messungen im einheitlichen lokalen Koordinatensystem der Passpunkte vor, und nach einem Rechenprozess können die einzelnen Bildpaare stereoskopisch ausgewertet werden. Die Erfassung eines Digitalen Geländemodells (DTM) des Reliefs der Urschweiz erfolgt als manuelle Messung von rund 280 000 Punkten im dreidimensionalen Raum: Für jeden Quadratzentimeter des 26 m<sup>2</sup> grossen Reliefs wird die genaue Höhe gemessen. Bis zum heutigen Zeitpunkt liegen bereits mehr als drei Viertel der Messergebnisse vor. Für die weitere Bearbeitung wurden die analogen Bilder mit



einer Auflösung von 1270 dpi (dots per inch) gescannt, was gewährleistet, dass Reliefdetails ab einer Grösse von 0,5 mm in den Bildern erkennbar sind. Die gescannten Aufnahmen werden rechnerisch entzerrt und zu einem Mosaik zusammengesetzt. So entsteht ein sogenanntes Orthobild vom gesamten Relief der Urschweiz, das einen «Blick von oben» repräsentiert und die genaue Messung von Distanzen ermöglicht. Neben dem DTM ist auch das Orthobild ein wesentlicher Bestandteil der Sicherheitsdokumentation des heutigen Reliefzustands. In einem Pilotprojekt wurde ein Teilgebiet des Reliefs bereits ausgewertet. Durch die Überlagerung des DTMs mit dem hochauflösenden Orthobild entstanden 3D-Ansichten des virtuellen Reliefs (Abb. 4), stereoskopische Anaglyphenbilder, synthetische Überfliegungen und Online-Demos. Diese digitalen Visualisierungsprodukte wirken heute genauso neuartig und faszinierend wie im Zeitalter Pfyffers das Werk selbst.<sup>5</sup>

### Genauigkeitsanalyse des Reliefs

Die Analyse der Reliefgenauigkeit<sup>6</sup> basiert auf der Auswahl derjenigen Objekte im Relief der Urschweiz, welche seit dem letzten Viertel des 18. Jahrhunderts im Gelände unverändert existieren. In Zusammenarbeit mit Historikern und Geographen wurden im historischen und heutigen Datensatz 51 möglichst gut verteilte «identische Punkte» definiert und nach ihrer Zuverlässigkeit gewichtet: Es sind dies Kirchtürme, Kapellen, Strassenkreuzungen und Berggipfel. Für jeden Punkt wurden seine dreidimensionalen Koordinaten im Lokal- sowie im Landeskoordinatensystem abgespeichert.

Die gegenseitige Beziehung zwischen den identischen Punkten im heutigen Datensatz und demjenigen nach Pfyffer wird durch eine Koordinatentransformation bestimmt. Wäre das Relief eine absolut fehlerlose Verkleinerung der Realität, müssten die Koordinaten dieser Punkte nach der Transforma-

tion exakt den in der Landeskarte definierten Punkten entsprechen. Dies ist natürlich nicht der Fall. Die Abweichungen aus einer solchen Umrechnung erlauben also Aussagen über die Reliefgenauigkeit. Die Wahl einer geeigneten Transformation ist nicht einfach, weil sie die Ergebnisse erheblich beeinflussen kann. Es wurden verschiedene Transformationsmodelle untersucht und die Differenzen analysiert. Als optimal hat sich die allgemeine räumliche Transformation erwiesen, bei welcher neun Parameter bestimmt werden: drei Verschiebungen, drei Rotationen und drei Massstäbe. Die untersuchten 51 identischen Punkte weichen dabei im Durchschnitt der Absolutwerte um 180 m in der Lage und 63 m in der Höhe von der Landeskarte ab, was 1,6 bzw. 0,5 cm im Relief entspricht (Abb. 5). Diese Zahlen schliessen nicht nur die Genauigkeit von Pfyffers Vermessung ein, sondern auch den Einfluss des Reliefbaus und nachträgliche Veränderungen. Wenn wir bedenken, dass dieses grosse Relief fast 100 Jahre vor dem ersten modernen schweizerischen Kartenwerk von Guillaume-Henri Dufour erstellt wurde, und dies in einer für eine aufwändige Alpenerforschung gesellschaftlich ungünstigen Zeit, ist Pfyffers Leistung auch in vermessungstechnischer Hinsicht hervorragend.

Eine weitere Überraschung zeigt sich bei den neu berechneten Reliefmassstäben in drei Koordinatenrichtungen. Bisher wurde angenommen, dass der Massstab des Reliefs der Urschweiz für die Horizontale 1:12500 und für die Vertikale 1:10000 beträgt, womit

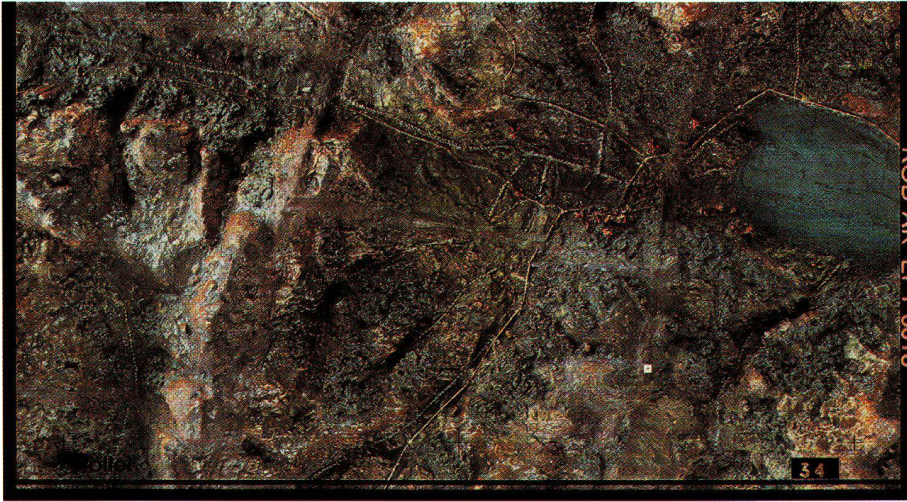


Abb. 3: Ausschnitt aus einem der 87 hochauflösenden Bilder (Format 6 x 6 cm), aufgenommen mit der analogen Kamera Rollei 6006. Nach dem Entzerren und Zusammensetzen aller Bilder entsteht die bisher erste massstabgetreue und detaillierte Abbildung des Reliefs von oben («Orthobild»).

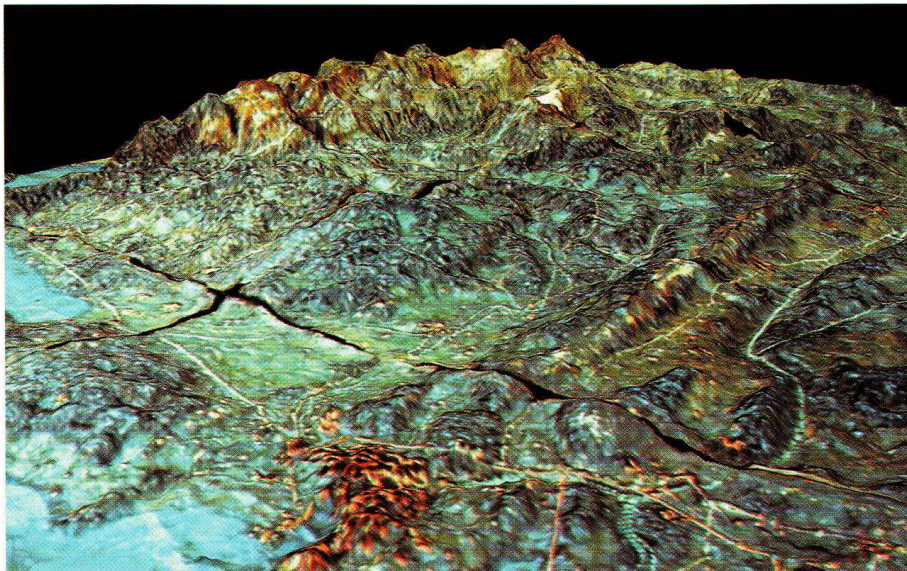


Abb. 4: Der photogrammetrisch rekonstruierte Teil des Reliefs der Urschweiz. Die Bilder für diesen Pilotversuch wurden vor der Reliefrestaurierung aufgenommen. Deshalb sind die Lücken zwischen den originalen Reliefteilen sowie unbedeckte Stellen noch sichtbar.

die Landschaft überhöht dargestellt wäre. Das Resultat der Analyse des bereits ausgewerteten Reliefausschnitts belegt dagegen eine erstaunliche Einheit der Massstäbe: 1:11 420 in der X-, 1:11 590 in der Y-Richtung und 1:11 590 in der Höhe. Der untersuchte Reliefteil ist also im Durchschnitt nicht überhöht.

Die oben genannten Angaben über die Reliefgenauigkeit stützen sich bisher nur auf die identischen Punkte. Zur eingehenden Beurteilung des Werks von Pfyffer ist es nötig, das Relief der Urschweiz mit dem heutigen digitalen Höhenmodell der Schweiz (DHM25) flächendeckend zu vergleichen. Da das historische Relief und heutige Daten nicht im gleichen Koordinatensystem vorliegen, muss das Relief zuerst in die Landeskoordinaten transformiert werden. Dies geschah für das rekonstruierte DTM und das Orthobild mit einem Verfahren, das auf den neun Parametern der allgemeinen räumlichen Transformation basiert.<sup>7</sup> Das Relief der Urschweiz lässt sich nun mit den heutigen Daten überlagern und vergleichen. Das

Ergebnis zeigt auf eindruckliche Weise, wie gut Pfyffer die Landschaftsformen erfasst hat: Als Beispiel kann die Überlagerung mit den heutigen Konturen des Vierwaldstätter Sees genommen werden (Abb. 6). Nach einer einfachen Subtraktion der rund 90 000 transformierten Höhenwerte des Reliefs der Urschweiz von den Werten des DHM25 liegt die durchschnittliche absolute Differenz bei 107 m (0,9 cm im Relief). Pfyffer hat sich also bei seiner Höhenmessung flächendeckend um etwa 100 m geirrt. Dies ist ein beachtliches Resultat, wenn man bedenkt, dass es damals europaweit keine oder nur vereinzelte Höhenangaben in den Karten gab und dass die verglichenen Werte nicht etwa aus Pfyffers Feldbuch stammen, sondern von seinem gebauten Grossrelief hergemessen wurden.

### Das Relief und die zeitgenössischen Karten

In den Jahren, als Pfyffer an seinem Werk arbeitete, existierten keine genauen Karten mit denen er hätte arbeiten können. *Du moins j'ay trouvé toutes les cartes d'ici, tout gravés que dessinées, très fautives*, schreibt Pfyffer 1761 an den Genfer Physiker und Geodäten Jacques Barthélemy Micheli du Crest (1690–1766)<sup>8</sup>. Pfyffer musste die für den Reliefbau nötigen topographischen Grundlagen selber erarbeiten. Die von Pfyffer erstellten Karten sowie die Folgekarten zu seinem Werk wurden ebenfalls untersucht, denn sie können wichtige Hinweise auf das Verfahren und die zeitliche Abfolge von Pfyffers Arbeiten liefern. Die Untersuchung betrifft folgende drei Karten:

- die einzige bekannte Manuskriptkarte von Pfyffer, eine kolorierte Zeichnung, die das Gebiet des Reliefs ohne seinen nördlichen Teil zeigt;
- ein Fragment einer Manuskriptkarte von Pfyffer aus dem Gebiet Rengg, das überraschenderweise während der Restaurierung im Inneren des Reliefs gefunden wurde;
- die *Carte en Perspective du Nord au Midi*, die nach der Vorlage des Reliefs der Urschweiz von Jakob Joseph Clausner (1744–1795) im Jahre 1786 gestochen wurde.

Alle Karten wurden vorerst mit einer hohen Auflösung gescannt, und die Pixelgrösse im Kartenblatt («Pixelfootprint») wurde durch die Messung einiger Distanzen im analogen und digitalen Bild genau bestimmt. Es folgte die Definition und Gewichtung der identischen Punkte. Dank einer rechts neben dem Kartenbild stehenden Liste mit den Ortsbezeichnungen konnten in der Manuskriptkarte von Pfyffer und entsprechend in der heutigen Landeskarte 128 Punkte, meist Dorfzentren, gefunden werden. Beim unvollständigen Fragment der Rengg-Karte war die Suche nach identischen Punkten schwieriger; schlussendlich standen jedoch 14 zuverlässige Punkte zur Verfügung. In der

|                                                  | Manuskriptkarte von Pfyffer            | Fragment der Manuskriptkarte von Pfyffer | Karte von Jakob Joseph Clausner      | Der untersuchte Teil des Reliefs der Urschweiz |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| Grösse                                           | ca. 25 x 27 cm                         | ca. 48 x 20 cm                           | ca. 65 x 80 cm                       | ca. 180 x 130 cm                               |
| Abgebildetes Gebiet                              | Relief der Urschweiz ohne den Nordteil | Luzern, Rotsee, Renggloch, Hergiswald    | Relief der Urschweiz plus Südgebirge | Luzern, Pilatus, Eigental, Kleine Emme         |
| Anzahl verwendeter identischer Punkte            | 119                                    | 14                                       | 208                                  | 51                                             |
| Lagegenauigkeit:                                 | 384 m                                  | 100 m                                    | 372 m                                | 180 m                                          |
| Durchschnitt der Abweichungen (in Absolutwerten) | Im Kartenblatt:<br>1,6 mm              | Im Kartenblatt:<br>3,0 mm                | Im Kartenblatt:<br>3,0 mm            | Im Relief:<br>15,6 mm                          |
| Durchschnittlicher Massstab                      | 1:245 600                              | 1:33 400                                 | 1:121 000                            | 1:11 500                                       |
| Ausrichtung: Abweichung von Norden               | 0° 02'                                 | -16° 43'                                 | -17° 48'                             | -17° 52'                                       |
| Verzerrung: Abweichung von Rechtwinkligkeit      | 0° 84'                                 | 7° 09'                                   | 2° 24'                               | 0° 27'                                         |

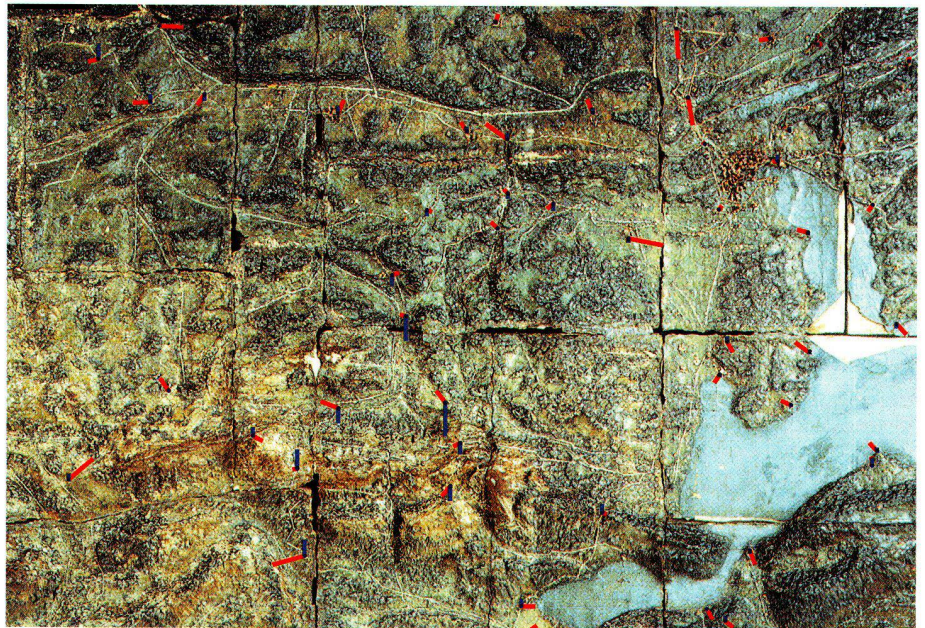
klar beschrifteten Karte von Clausner wurden insgesamt 228 Ortschaften der heutigen Landeskarte zugeordnet. Die Koordinaten der identischen Punkte sowohl in einem lokalen System der alten Karte als auch im Landeskoordinatensystem bilden die Basis für die folgenden Untersuchungen.

Mittels einer Affintransformation<sup>9</sup> wurde das Netz der identischen Punkte in den alten Karten optimal auf den Soll-Zustand gemäss der neuen Landeskarte angepasst. Das Resultat der Berechnung sind die Abweichungen der identischen Punkten zur Wirklichkeit, dann auch die Massstäbe und Rotationen der Kartenblätter (Tab.1). Die Visualisierung der Ergebnisse zeigt auf anschauliche Art, wo sich die Ortschaften hätten befinden müssen, damit die Abweichungen praktisch Null wären (Abb.7 und Abb.8).

Es ist nicht einfach, die Genauigkeit aller untersuchten Quellen miteinander zu vergleichen: Ihre Grösse, Massstäbe, abgebildeten Gebiete sowie ihr Charakter sind recht unterschiedlich. Es fällt auf, dass die gedruckte Karte von Clausner relativ grosse Abweichungen aufweist im Vergleich zu den «groben» Manuskriptkarten und dem Reliefteil von Pfyffers Hand. Interessant ist zudem die räumliche Verteilung der Fehler in allen untersuchten Quellen: Das Gebiet des Vierwaldstätter Sees ist in der Regel genauer abgebildet als die restlichen Regionen, vor allem die nördlichen Teile. Dies unterstützt die Vermutung, dass Pfyffer bei der Vermessung und Modellierung von der ihm am besten bekannten Landschaft in die südlich gelegenen Gebirge vorgestossen ist und erst nachher das Mittelland hinzufügte.

Mit Hilfe der vorgängig bestimmten Transformationsparameter können alle drei alten Karten in die Landeskoordinaten umgerechnet und mit den heutigen topographischen Daten überlagert werden (Abb.9). Interessanterweise kommt dabei zum Vorschein, dass das Fragment von Pfyffers Manuskriptkarte sowie die Karte von Clausner ungefähr dieselbe Nordausrichtung wie der ausgewertete Reliefteil haben (ca. 17 Grad gegen den Uhrzeigersinn; vgl. dazu Abb.6 und Tab.1). Dies ist ein Hinweis dafür, dass Pfyffer Kartenmaterial erstellt hat, das ihm später *direkt* für den Reliefbau diente. Auch Clausner muss von diesen Manuskriptskizzen

Tab. 1: Ergebnisse der Untersuchung der mit dem Relief der Urschweiz verwandten Karten. In der letzten Spalte sind die Angaben des ausgewerteten Reliefteils (siehe Abb. 5) angezeigt.



Gebrauch gemacht haben.<sup>10</sup> Zudem bildet seine Karte im Süden Hochgebirge ab, die im Relief der Urschweiz nicht vorkommen.

### Die Landesvermessung für das Relief der Urschweiz

Franz Ludwig Pfyffer ist der Nachwelt vor allem als ein unermüdlicher Bergerforscher und Reliefbauer in Erinnerung geblieben. Seinen Beitrag hat er aber auch auf einem anderen Gebiet geleistet und zwar als Pionier der schweizerischen geodätischen Grundlagen. In den 60er Jahren des 18. Jahrhunderts, als Pfyffer die ersten Vermessungen für sein Relief vornahm, waren die geometrischen Prinzipien einer Landesaufnahme längstens bekannt und viele neu entwickelte Instrumente kamen vor allem in der Astronomie zur Anwendung. Trotzdem konnten in Europa nur wenige grossräumige Kartenwerke den Anspruch erheben, geometrisch richtig aufgebaut zu sein. Offensichtlich brauchte es Zeit, bis die gesellschaftliche und politische Lage reif war für eine breit angelegte Landesvermessung. Pfyffer war einer der Vorreiter. Im Alleingang hat er das Verfahren der Triangulation

Abb. 5: Die Differenzen zwischen dem Relief der Urschweiz und der heutigen Landeskarte an den identischen Punkten (Reliefteil ca. 180 x 130 cm). Die roten Linien repräsentieren die Abweichungen in der Lage und die blauen vertikalen Linien in der Höhe. Für eine bessere Darstellung sind die Höhenabweichungen gegenüber den tatsächlichen Werten 3-mal vergrössert.

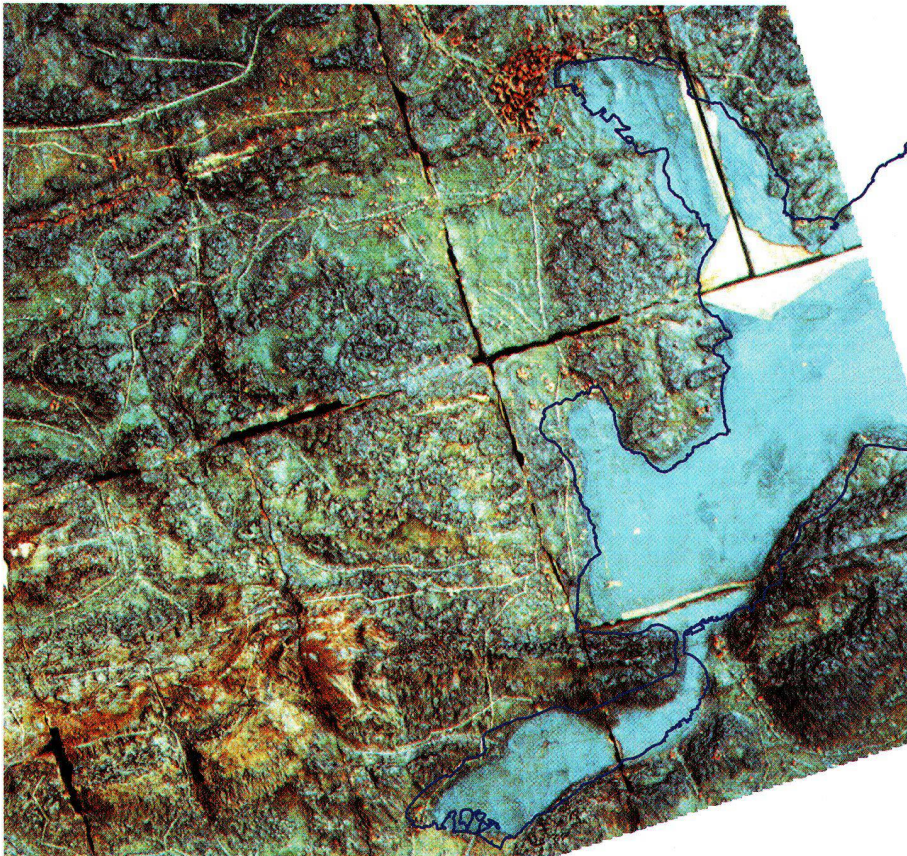


Abb. 6: Das Relief der Urschweiz in den Landeskoordinaten, überlagert mit dem heutigen Seeufer (Ausschnitt ca. 13 x 13 km). Man sieht die gute Übereinstimmung von Pfyffers Vermessung und Modellierung mit der Realität. Der Reliefteil weicht um etwa 17 Grad entgegen dem Uhrzeigersinn von der Nordrichtung ab.

mittels einfacher Winkelkreisgeräte und Messtisch auf ein Zehntel der heutigen Schweiz angewendet. Die nun getätigten Untersuchungen zeigen, dass Pfyffer viel systematischer und grundlegender vermessen hat als bisher angenommen.

Der einzige direkte Hinweis auf Pfyffers Vermessung sind zehn Briefe, die er 1761 an Micheli du Crest schrieb.<sup>11</sup> Voller Respekt erwartete Pfyffer den Rat und die Meinung des Genfer Wissenschafters, der sich damals als Staatsgefangener auf der Festung Aarburg inhaftiert war und eigene Ideen für eine Landesvermessung der Schweiz entwickelte. Auch für internationale Ereignisse und Entwicklungen interessierte sich Pfyffer sehr und korrespondierte mit verschiedenen Wissenschaftlern seiner Zeit. Der Disput zwischen Anhängern Newtons und solchen Cassinis in Frankreich wegen der Form der Erde beschäftigte ihn so sehr, dass er selber einige Experimente mit dem Meridian von Paris durchführte. Die damals in Frankreich schon hoch entwickelte Vermessungstechnik war Pfyffer bekannt. Aufgrund seiner Briefe lässt sich vermuten, dass dieser das zuvor präzise vermessene, grossmaschige Triangulationsnetz mit Detailaufnahmen verdichtete und so das Grundprinzip der Triangulation «vom Grossen ins Kleine» anwendete. Im Juni 1761 glaubte Pfyffer, eine gute Basis für seine grossen Dreiecke, die sich mittlerweile bereits bis zum Titlis und Gotthard ausdehnten, gefunden zu haben. In den folgenden Absätzen wird versucht, den Ablauf von Pfyffers Arbeiten zu rekonstruieren und seine Vermessungsinstrumente zu beschreiben.

### **Vorbereitung einer Vermessung, der sogenannten «Operation»**

In Übereinstimmung mit heutigen Verfahren machte sich Pfyffer zuerst mit dem Gebiet vertraut und vermäss erst anschliessend. Bei der Rekognoszierung markierte er das Gelände mit Signalen, um die «Stationen» wiederzuerkennen. Er konnte jedoch keine hohen Pfähle setzen, weil die Gefahr bestand, dass sie absichtlich entfernt würden. Deshalb trieb er kleine Pfosten ebenerdig in den Boden. In den Felsen diente ihm jeweils ein Eisen zur Markierung seiner potenziellen Signale und Stationen. Anschliessend erfolgte nochmals dieselbe «Wanderung», diesmal mit fünf bis sechs Gehilfen, welchen Pfyffer die Stationen zeigen musste. Während er dann auf einer Station vermäss, steckten seine Leute an den markierten Stellen vertikal einen Signalisationspfahl ein und bewachten ihn bis zum Ende der «Operation». Der Signalisationspfahl trug oben einen Fassreifen, der mit weisser Leinwand und einer Kreuzmarkierung überzogen war, damit er besser erkannt und genauer anvisiert werden konnte. Zur Kommunikation mit seinen Leuten benutzte Pfyffer eine grosse schwarzweisse Fahne. Oft war er gezwungen, für die Triangulation natürliche Punkte, beispielsweise alleinstehende grosse Tannen, zu wählen. Pfyffer fand es aber zeitraubend und aufwändig, ohne Signale zu arbeiten, weil viele aufgenommenen Richtungen sich später als unbrauchbar erwiesen. Er entschärfte also die Probleme fehlender fester Signale mit einer guten Vorbereitung und Arbeitsorganisation. Diese Erkenntnis ist interessant, da es in der Literatur der frühen Vermessung nur wenige Informationen darüber gibt, wie man ohne Sicherung und feste Signalisierung der Messpunkte trianguliert hat.<sup>12</sup>

### **Winkel- und Höhenmessung**

Um sein Verfahren und die Genauigkeit der Instrumente zu überprüfen, mass Pfyffer auf jeder Station stets mit mehreren Geräten, die er sich in ganz Europa besorgte. Einige stellte er auch selber her. Allein im Sommer 1761 erwähnte er gegenüber Micheli du Crest etwa acht unterschiedliche Winkelmessinstrumente, die er für die Triangulation und Detailaufnahme einsetzte. Die ihm am besten vertrauten Instrumente waren Messtisch und Graphometer, bei welchen im Gelände direkt eine graphische Darstellung entstand. Beide Geräte liessen sich auch vertikal aufstellen, womit die Messung von Höhenwinkeln möglich wurde. Dieser Vorgang war aber sehr ungenau, weil sich das Messzentrum bei der Umstellung deutlich verändern konnte. Vermutlich um diesen Fehler zu vermeiden, verwendete Pfyffer später eine Kippregel mit einem Fernrohr. Die Kippregel diente auch zum Zeichnen der Visierlinien auf dem Messtisch; zusätzlich war sie aber mit einem Höhenhalbkreis ausgerüstet, an dem der Höhen-

winkel mittels eines Lotes abgelesen werden konnten. Das genaueste Instrument Pfyffers war aus heutiger Sicht eine Art Theodolit: Ein stabiler Rahmen mit einem horizontalen und einem vertikalen in Grade und Minuten eingeteilten Winkelkreis. Statt eines Fernrohrs trug die Alhidade<sup>13</sup> zwei hohe Abseher zum Anvisieren der gemessenen Objekte. Das Gerät wurde von einem englischen Ingenieur konstruiert und von Professor Stegmann aus Kassel bei Marburg vollendet.<sup>14</sup> Leider steht nicht fest, wie weit Pfyffer mit diesem Instrument effektiv auch vermass. In seinem Brief folgt nämlich die Bemerkung: *J'ay idée que quelqu'un plus habile que moy pourroit tirer plus de parti de cet instrument.*<sup>15</sup> Der Grund für diese Unsicherheit des Praktikers Pfyffer kann darin liegen, dass der Theodolit zunächst nur die numerischen Werte lieferte und somit die potenziellen Messfehler erst später entdeckt wurden. Bei der Triangulation ging Pfyffer im Prinzip wie folgt vor: Am Standort A mass er den Winkel  $\alpha$  zwischen zwei temporär markierten Signalen B und C. Anschliessend tauschten er und seine Gehilfen die Position. Pfyffer stieg auf den Punkt B, zielte auf die Signale A und C und mass den Winkel  $\beta$ . Unter der Voraussetzung, dass die Distanz AB bekannt ist, konnte Pfyffer aus seinen zwei Winkelmessungen  $\alpha$  und  $\beta$  den Winkel am Eckpunkt C berechnen oder graphisch bestimmen. Danach folgte eine Kontrolle, die Pfyffer nie ausliess: Er wanderte auf den Punkt C und stellte den berechneten Winkel  $\gamma$  auf seinem Messtisch ein. Im Zielgerät musste er jetzt an beiden Winkelseiten die zwei Signale A und B sehen. Er machte diese Kontrolle wieder und wieder, mass immer mehrmals, bis er zufrieden war: *Et j'ose dire que ce que j'ay jusqu'à present est très exacte, car tous mes angles croisés et recroisés se rencontrent très juste.*<sup>16</sup> Als Ergänzung zu seiner Vermessung des Dreiecks berechnete Pfyffer die zwei unbekannt Distanzen AC und BC bzw. bestimmte sie graphisch aus der Zeichnung. Falls die Situation es erlaubte, visierte Pfyffer von einem Standort aus die Winkel zwischen mehreren Signalen an, wie es bei der modernen Triangulation üblich ist. An jeder «Station» erstellte Pfyffer Feldzeichnungen, welche teilweise strahlenförmige Linien auf die umliegenden Berggipfel beinhalten. Im Gegensatz zu früheren Vermutungen ist jetzt klar, dass diese schönen, kolorierten Skizzen für Pfyffer kaum eine vermessungstechnische Bedeutung hatten. Verglichen mit den anderen kartographischen Werken aus Pfyffers Hand sind diese zwar kunstvoll, aber viel weniger exakt. Ihre Verzerrung schliesst eine gezielte Projektion der Landschaft aus und deutet eher auf eine einfache räumliche Darstellung der Situation. Möglicherweise hat Pfyffer die Panoramen gezeichnet, um beim Reliefbau die Bergformen richtig wiederzugeben und ihre Nomenklatur zu notieren.

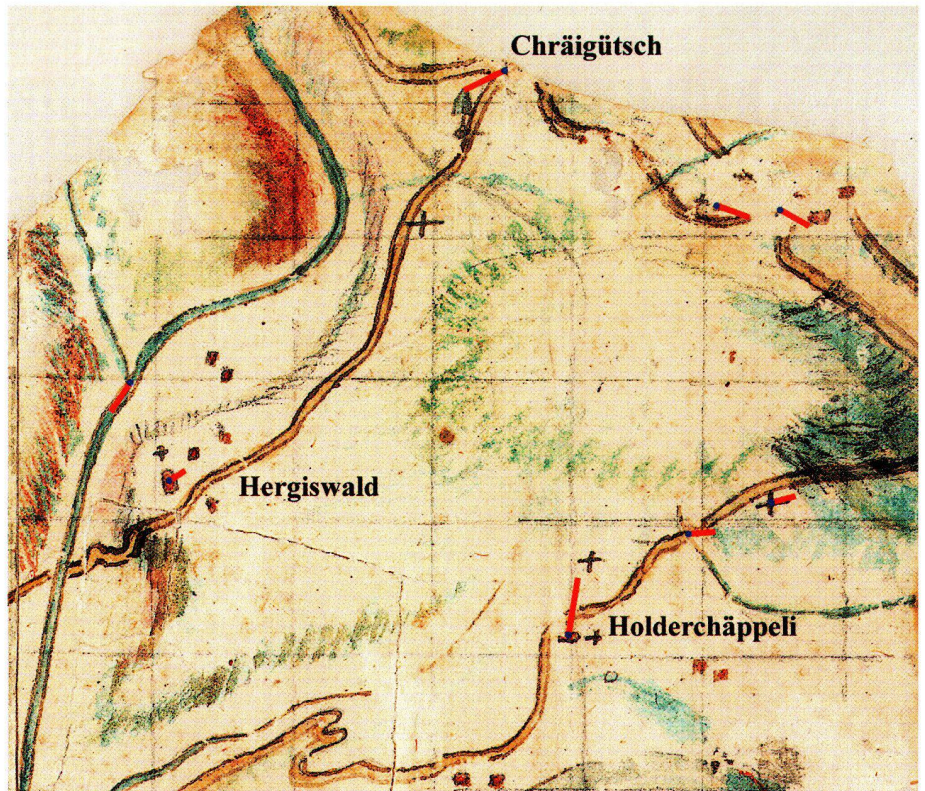


Abb. 7: Ausschnitt aus dem Fragment einer Manuskriptkarte von Franz Ludwig Pfyffer (ca. 9 x 8 cm) mit den identischen Punkten. Die roten Linien zeigen an, wo die Punkte richtigerweise liegen sollten.

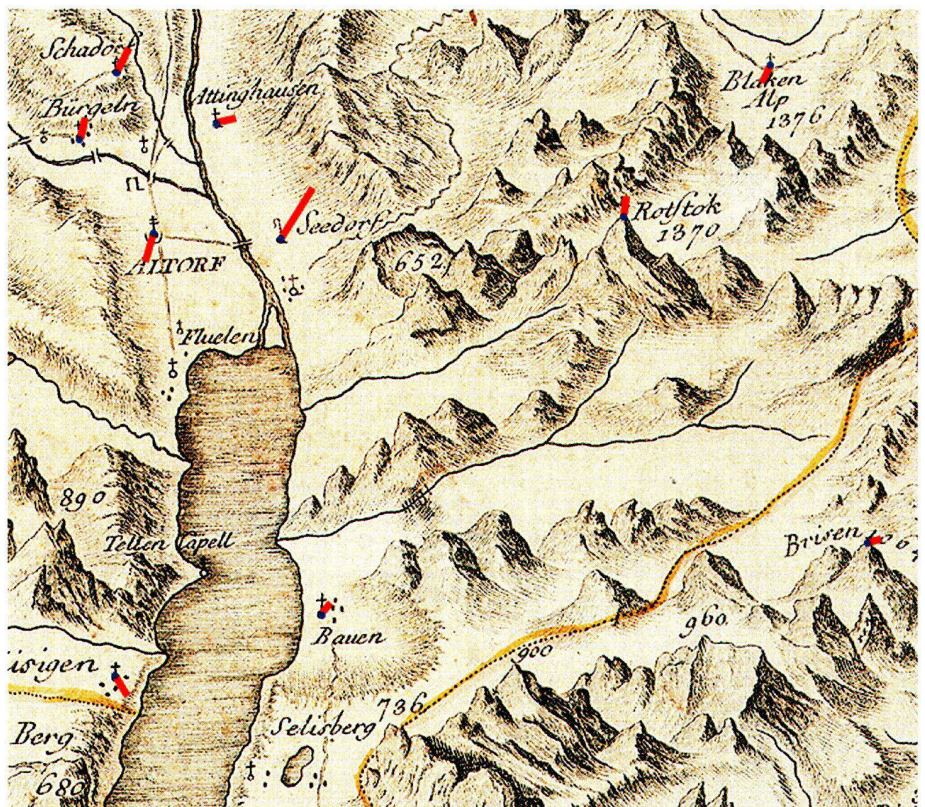


Abb. 8: Ausschnitt im Originalmassstab aus der *Carte en Perspective du Nord au Midi d'après le Plan et les mesures du Général Pfyffer* von Jakob Joseph Clausner. Die roten Linien stellen die Abweichungen an den identischen Punkten dar.

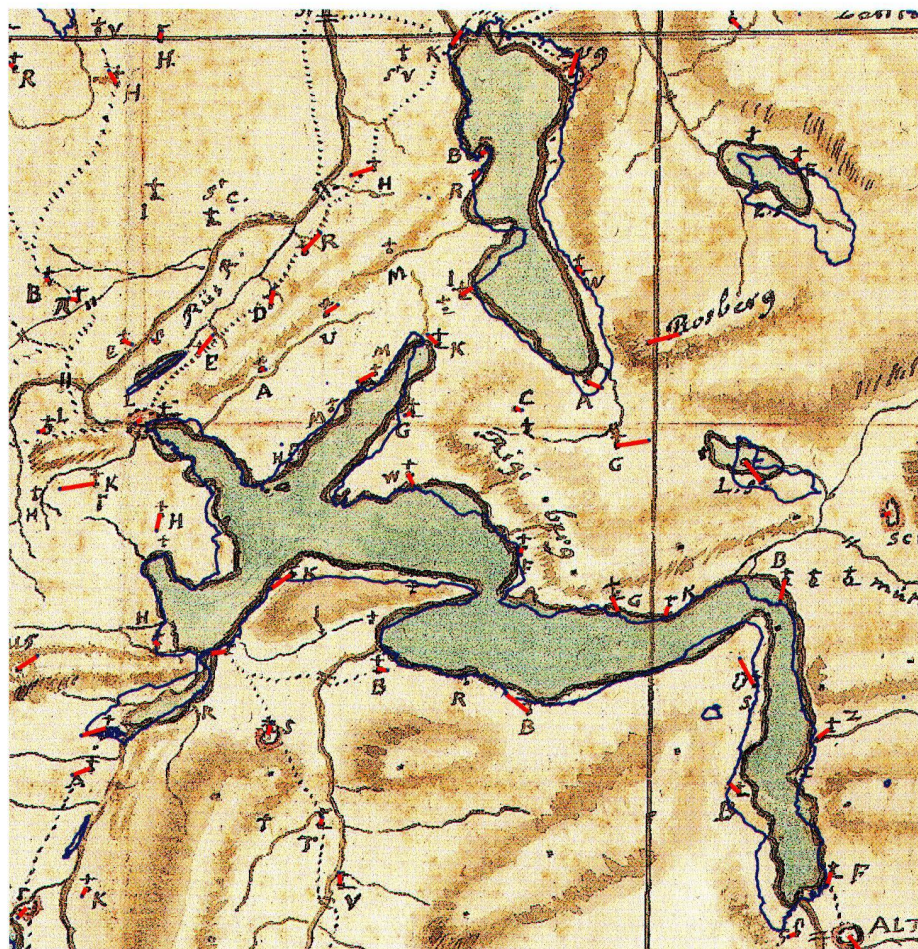


Abb. 9: Ausschnitt aus der Manuskriptkarte von Franz Ludwig Pfyffer, transformiert in die Landeskoordinaten (ca. 33 x 33 km). In blau sind die heutigen Seeufer und in rot die Abweichungen an identischen Punkten dargestellt. Im Gegensatz zu allen anderen untersuchten Quellen ist diese Karte fast genau nach Norden ausgerichtet (vgl. dazu Abb. 6 und Tab. 1).

Ausgehend vom Vierwaldstätter See führte Pfyffer auch trigonometrische und barometrische Höhenmessungen durch. Die in den Briefen vorgekommenen Berechnungen<sup>17</sup> sowie die in der Karte von Clausner eingetragenen Höhenkoten sind Gegenstand der laufenden Untersuchungen.

#### «Ich habe die Schweiz entdeckt»: Die Basismessung

Pfyffers grosses Anliegen war es, die Distanzen möglichst genau zu bestimmen, und gerade dies hat ihm bei der Arbeit wohl am meisten Probleme verursacht. Bei einem Triangulationsnetz hängt die ganze Messung von einer bekannten, genau bestimmten Distanz ab. Diese Distanz nennt man Basis. Da es früher technisch unmöglich war, eine genügend lange Basis über Berge und Täler zu vermessen, mass man eine kürzere Distanz mittels Metallketten möglichst ge-

nau. An den Endpunkten der Basis wurden die horizontalen Winkel abgelesen, die sich durch Visuren auf sichtbare Punkte ergaben, und aus dem Dreieck liessen sich unbekannte Distanzen indirekt errechnen. Bei der Distanzmessung ging Pfyffer sehr sorgfältig und systematisch vor und versuchte, Fehlerinflüsse zu eliminieren. So berücksichtigte er zum Beispiel den Einfluss des unebenen Geländes auf die Messung horizontaler Strecken (Abb.10) und kontrollierte regelmässig seine auf Lufttemperatur und -feuchtigkeit empfindlichen Messketten, Eisen- und Holzmassstäbe.

Pfyffer hatte in der gebirgigen Innerschweiz eine genügend grosse Ebene gesucht, um dort eine möglichst lange Basis zu vermessen. Bei der Kontrolle seiner Winkelmessungen im Sommer 1761 drückte er seine Freude, dass mit dem zuvor berechneten und auf dem Zielgerät eingestellten Winkel genau der gesuchte Kirchturm anvisiert wurde, mit den Worten *Je decouvre presque toute la Suisse*<sup>18</sup> aus. Die zu diesem Punkt zugehörige Dreieckseite wollte Pfyffer, falls Micheli du Crest damit einverstanden wäre, als Basis für seine Triangulation wählen. In Abb. 11 ist Pfyffers Verfahren der Basismessung und seine heutige Interpretation dargestellt. Das Prinzip der Methode erinnert an den sogenannten Polygonzug und wird heute noch in der Vermessungskunde unterrichtet und in der Praxis eingesetzt. In alten Lehrbüchern über «Feldmesskunst» wurde erstaunlicherweise bisher keine direkte

Parallele zu solchen Messungen gefunden. Möglicherweise setzte Pfyffer ähnliche, primär zu einem anderen Zweck bestimmte Messverfahren zur Erreichung seines Zieles ein.<sup>19</sup>

#### Vermessung, Karte, Relief

Bei der Vermessung nahm Pfyffer alle markanten Objekte auf: Wege und Pfade, Bäche, Häuser, Wiesen und sogar grosse Steine. Er differenzierte auch Eichen-, Buchen- und Tannenwälder und notierte sich die Terrainhöhe. Die gefundenen Quellen liessen uns bis jetzt im Unklaren, ob er rein graphisch oder auch rechnerisch gearbeitet hat. Fest steht, dass er ausser dem Messtisch auch viel genauere Instrumente verwendete, die im Gelände nur Zahlenwerte lieferten. Diese Werte sowie auch einzelne Kartenblätter und -scheiben aus der Messtischaufnahme übertrug Pfyffer bei schlechtem Wetter in einer Scheune im Massstab «10 Toisen auf eine Linie» (rund 1:8500) auf eine grosse Karte. Er hatte vor, erst dann ein Relief zu bauen, wenn genaue Grundlagen dafür bestanden. Dabei widmete Pfyffer im Gegensatz zu Feldmessern seiner Zeit der Vermessung und Darstellung der dritten Dimension viel mehr Aufmerksamkeit: *Si je ne faisais qu'une carte ordinaire, je serois plus avancé ...*<sup>20</sup> Heute wissen wir, dass Pfyffer mehr mit Kartenmaterial arbeitete als früher angenommen. Nur den am Anfang verwendete Massstab 1:8500 änderte er später wohl mehrmals, bis sein Relief fertiggestellt war (vgl. dazu Massstäbe der untersuchten Karten und des ausgewerteten Relieftils in Tab.1).

Pfyffer leistete nicht nur im Bereich der topographischen Wiedergabe der Innerschweiz Bedeutendes, sondern trug auch zur Verbesserung der Nomenklatur bei. Er liess sich mit den Gipfelnamen, die ihm im «Flachland» genannt wurden, nicht zufriedenstellen. Er wanderte zu den Bergen hinauf und fragte die Einheimischen, bis er sicher war, eine richtige Antwort bekommen zu haben. Pfyffer war sich auch bewusst, dass es viel Übung braucht, sich in den Bergen nicht zu täuschen: Ein Berg kann von zwei verschiedenen Tälern aus ganz anders erscheinen und auch zwei verschiedene Namen haben. Hier fällt das grosse räumliche Vorstellungsvermögen von Pfyffer auf. Er wusste genau, wie die Berge aussehen, welcher wie heisst und wo er sich im Zusammenhang mit anderen Gipfeln befindet – und das aus verschiedensten Blickwinkeln und Distanzen. Pfyffer korrigierte einige Bergdarstellungen seiner Zeitgenossen, darunter auch das Alpenpanorama von Micheli du Crest, und mit Skizzen und Berechnungen belegte er seine Meinung.

## Schlussbemerkung

Im Jahr 2002 sind es zwei Jahrhunderte seit dem Todestag von Franz Ludwig Pfyffer. In dieser Zeit hat die Technik in allen Bereichen extreme Fortschritte gemacht. Die Genauigkeit der Messinstrumente unseres Alltags bewegt sich in Metern, Zentimetern, Millimetern. Aus dieser Perspektive mögen die Abweichungen von 180 m in der Länge und 63 m in der Höhe, die Pfyffer bei seinem Relief der Urschweiz erreicht hat, hoch erscheinen. Könnten wir uns aber 240 Jahre zurückversetzen und mit heutigen Erkenntnissen, aber mit Pfyffers Möglichkeiten seine Aufgabe übernehmen, wäre das Erreichen der von ihm erzielten Ergebnisse bestimmt eine grosse Herausforderung. Im Urteil der damaligen Zeit entsprach das Relief im europäischen Kontext aus vermessungstechnischer Hinsicht dem Stand des Wissens, in einigen Bereichen – etwa bei der Höhenbestimmung – war es diesem sogar voraus. Der Schlüssel zu Pfyffers Erfolg hiess wohl Arbeitsorganisation und Wiederholung: Nur durch gute Vorbereitung jeder Vermessungsaktion konnten die widrigen gesellschaftlichen Umstände überwunden werden, und nur mit Ausdauer und Geduld konnte Pfyffer mit seinen vielfältigen Instrumenten solche Genauigkeiten erreichen. Noch liegt erst ein Teil des Meisterwerks digital vor. Erst nach der vollständigen Digitalisierung können wir endgültige Schlüsse ziehen und die kartengeschichtliche Bedeutung des Reliefs würdigen. Dennoch: Trotz der neuen Technologien, die uns erlauben, das Relief in digitaler Form zu dokumentieren, zu bewundern und zu erforschen, bleibt das Original ein Werk, welches auch nach 200 Jahren immer noch eine Reise nach Luzern Wert ist.

## Literatur

**Baletti, Caterina:** *Analytical and quantitative methods for the analysis of the geometrical content of historical cartography.* International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B5, 2000, S. 30–37.

**Brachner, Alto (Hrsg.):** *G. F. Brander (1713–1783). Wissenschaftliche Instrumente aus seiner Werkstatt.* München, 1983.

**Bürgi, Andreas:** *Der Blick auf die Alpen: Franz Ludwig Pfyffers Relief der Urschweiz (1762 bis 1786).* In: *Cartographica Helvetica* 18. Murten, 1998, S. 3–9.

**Cavelti Hammer, Madlena:** *Herstellung und Auswirkungen des Relief der Urschweiz von Franz Ludwig Pfyffer.* In: *Cartographica Helvetica* 18. Murten, 1998, S. 11–17.

**Daumas, Maurice:** *Scientific instruments of the 17th and 18th centuries and their makers.* London Batsford, 1972.

**Engelsberger, Max:** *Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Theodolits.* Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C: Dissertationen, Heft Nr. 134. München, 1969.

**Fuse, Takashi, Shimizu, Eihan und Morichi, Shigeru:** *A study on geometric correction of historical maps.* International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXII, Part 5, 1998, S. 543–548.

**Imhof, Eduard:** *Bildhauer der Berge. Ein Bericht über Alpine Gebirgsmodelle in der Schweiz.* Bern, 1981, S. 107–110.

**Niederöst, Jana:** *Landscape as a Historical Object: 3D-Reconstruction and Evaluation of a Relief Model from the 18th Century.* International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV, Part 5/W3, 2002.

**Minow, Helmut:** *Historische Vermessungsinstrumente. Ein Verzeichnis der Sammlungen in Europa.* Wiesbaden, 1982.

**Ottiger, Theodor:** *General Franz Ludwig Pfyffer von Wyher, Schöpfer des Reliefs der Urschweiz. Zur Geschichte des ältesten Reliefs der Schweiz.* In: *Geographica Helvetica* 28, 2, 1973, S. 69–88 und in: *Gletschergarten Luzern 1872–1972.* Festschrift. Zürich, 1973, S. 21–40.

**Rickenbacher, Martin:** *Das Alpenpanorama von Micheli du Crest. Frucht eines Versuches zur Vermessung der Schweiz im Jahre 1754.* In: *Cartographica Helvetica* 11. Murten, 1995, S. 21–34.

**Shimizu, Eihan, Fuse, Takashi und Shirai, Kentaro:** *Development of GIS integrated historical map analysis system.* International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXII, Part 5-3W12, 1999, S. 79–84.

**Visnovcova, Jana:** *3D-Rekonstruktion und Visualisierung des Reliefs der Innerschweiz von Franz Ludwig Pfyffer (1716–1802).* In: *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 7, 2001, S. 486–489.

**Zölly, Hans:** *Geschichte der geodätischen Grundlagen für Karten und Vermessungen in der Schweiz.* Bern, 1948, S. 9–65.

## Anmerkungen

- 1 Leu, Hans Jacob: *Supplement zu dem allgemeinen helvetisch-eidgenössischen oder schweizerischen Lexikon, Dritter Theil, H bis M (1788).* In: *Zelger, Franz: Luzern im Spiegel alter Reiseschilderungen, 1757–1835.* Luzern, 1933, S. 23.
- 2 Ottiger (1973), Imhof (1981), Bürgi (1998), Cavelti Hammer (1998).
- 3 In der Photogrammetrie wird die räumliche und semantische Information aus den Bildern abgeleitet. Am häufigsten wird das Prinzip des Stereoeffekts angewendet: Wird ein Objekt von zwei unterschiedlichen Standorten aus fotografiert, so entsteht im Überlappungsbereich beider Aufnahmen ein Stereomodell. In einem optischen Gerät oder am Computer kann das Objekt somit dreidimensional ausgemessen werden.
- 4 Pfyffer ist es als Erstem gelungen, die Umrisse des Vierwaldstätter Sees annähernd korrekt abzubilden. Die *Nova Helvetiae Tabula Geographica* von Johann Jakob Scheuchzer aus dem Jahre 1712, die im Zeitalter Pfyffers als eine wichtige topographische Grundlage galt, zeigt grosse Verzerrungen vor allem beim Urner- und Alpacher See.
- 5 Mehr zum Verfahren und den Ergebnissen der photogrammetrischen 3D-Rekonstruktion kann in den Veröffentlichungen Visnovcova (2001) und Niederöst (2002) nachgelesen werden.
- 6 Die Genauigkeitsanalyse des Reliefs der Urschweiz soll die Antwort auf eine scheinbar einfache Frage liefern: Wie genau ist das Relief? Die Ergebnisse der Analyse sind aber nicht immer eindeutig und können je nach eingesetzten Verfahren variieren. Um den Charakter des untersuchten Objekts korrekt zu berücksichtigen und einseitige Interpretationen zu vermeiden, finden in regelmässigen Abständen Diskussionen in einem interdisziplinären Projektteam statt. Die entwickelten Verfahren werden im ersten Schritt auf die im Pilotprojekt ausgewerteten Daten (DTM und Orthobild) angewendet. Die für den Vergleich benötigten heutigen digitalen Kartenprodukte (Pixelkarte 1:25000, digitales Geländemodell DHM25 und strukturierte Liniendaten VECTOR25) wurden vom Bundesamt für Landestopographie unentgeltlich zur Verfügung gestellt.
- 7 Mittels den zuvor gerechneten neun Parametern der allgemeinen räumlichen Transformation wird für jeden DTM-Punkt des neuen transformierten

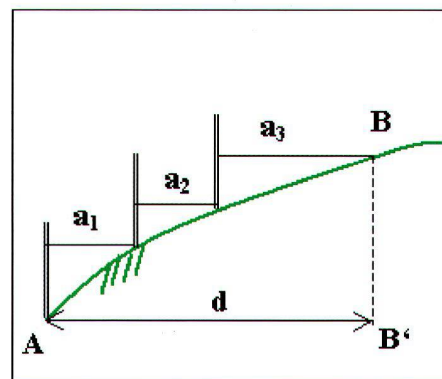
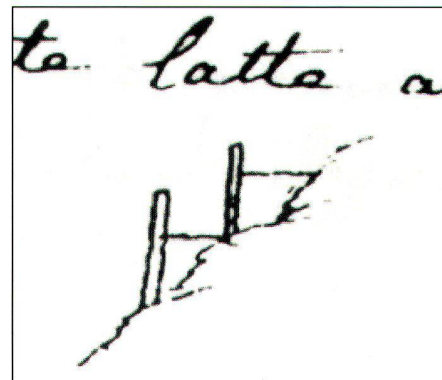


Abb. 10: Direkte Messung einer horizontalen Distanz im Hang, oben ein Ausschnitt aus einem Brief Pfyffers, unten eine heutige vermessungstechnische Skizze. Die horizontalen Abschnitte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  der gesuchten Distanz  $d$  werden mit einer Kette oder einem Eisenmassstab gemessen. Am Ende jedes Abschnittes wird die Vertikale mit einem Senkblei ermittelt. Das gleiche Verfahren kann auch zur Bestimmung der vertikalen Distanz  $BB'$  dienen.

Datensatzes iterativ die dazugehörige Höhe vom historischen Relief interpoliert. Anschliessend wird auf eine ähnliche Art das originale Orthobild in die Landeskoordinaten transformiert. Es wurde auch eine andere, in Fuse (1998), Shimizu (1999) und Baletti (2000) eingeführte maschenweise Methode der geometrischen Korrektur alter Karten untersucht. Sie hat sich aber als nicht geeignet erwiesen (Niederöst, 2002).

8 *Die wenigen mir bekannten Karten von diesem Gebiet, sowohl die gedruckten als auch die gezeichneten, erscheinen mir sehr fehlerhaft.* Pfyffer an Micheli du Crest, 19. Mai 1761 (Landecy, Arch. Micheli, Papiers JBMC no 720bis).

9 Die Affintransformation ist eine Koordinatenumformung der Punkte in einem Ausgangssystem (hier eine alte Karte) in ein Zielsystem (hier die heutige Landeskarte). Kennt man die Koordinaten einiger «identischer Punkte» in beiden Systemen, so lassen sich zwei Verschiebungen, zwei Massstäbe und zwei Rotationswinkel berechnen, welche den Zusammenhang zwischen Ausgangs- und Zielsystem beschreiben. Aus diesem nun bekannten Zusammenhang kann man alle Punkte der alten Karte in heutige Landeskoordinaten überführen.

10 Bei der Restaurierung wurde das Relief in die 136 von Pfyffer gebauten Teile zerlegt. Diese Teile haben ganz unterschiedliche Formate und sind nicht parallel zum Relieftrand ausgerichtet. Etwa zwei Drittel der Teile – südlich vom Zugersee – bilden mit dem Relieftrand einen Winkel von ca.

