

Zeitschrift: Cartographica Helvetica : Fachzeitschrift für Kartengeschichte
Herausgeber: Arbeitsgruppe für Kartengeschichte ; Schweizerische Gesellschaft für Kartographie
Band: - (2015)
Heft: 51: Das Matterhorn im Kartenbild

Artikel: Wie hoch ist der Berg der Berge?
Autor: Rickenbacher, Martin
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-513716>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

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

Wie hoch ist der Berg der Berge?

Martin Rickenbacher

Zwei Höhenkoten, 4476.4 und 4478, und eine schöne Felszeichnung, sodass man den Gipfel in verkleinertem Massstab quasi aus dem Papier emporzusteigen glaubt – so präsentiert sich das Matterhorn auf der aktuellen Landeskarte 1:25000. Doch hinter diesen nackten Zahlen und dem Kartenbild verbergen sich spannende Geschichten, die vom Zustandekommen des topographischen Wissens erzählen. Wie hoch war der Berg der Berge zu welcher Zeit? Wer hat ihn wann nach welcher Methode vermessen? Der vorliegende Beitrag schildert die trigonometrische und topographische Vermessung des Gipfels anhand verschiedener Schlüsselwerke und liefert Antworten auf diese Fragen.

1792: Erste Höhenbestimmung durch Horace Bénédict de Saussure

Der Genfer Horace Bénédict de Saussure (Abb. 58) war der erste Naturforscher, der die Höhe des Matterhorns bestimmte. Auf seiner siebten Alpenreise überschritt er, von Breuil herkommend, den «Col du Mont-Cervin», den heutigen Theodulpass. Am 12. August 1792 massen sein Sohn und sein Diener auf dem oberen Theodulgletscher mit einer Kette eine knapp 300 Meter lange Basis. De Saussure beobachtete währenddessen auf den beiden Basisendpunkten mit einem vierzölligen Sextanten die Richtungs- und Höhenwinkel auf die höchste Stelle des Matterhorns. Anhand der Dreiecksgeometrie errechnete er zunächst die Distanz und anschliessend die Höhendifferenz zum Gipfel, die 3905.25 französische Fuss (1268.6 m) betrug. Mit dem Barometer mass er den Luftdruck, und weil dies gleichzeitig auch in seiner Referenzstation in Genf geschah, konnte er nach seiner Rückkehr anhand der Formel für die Abnahme des Luftdrucks die Höhe seiner Station zu 1658.87 Toisen (3233.2 m) berechnen. Demnach lag der Matterhorngipfel 2309.75 Toisen (4501.8 m) über Meer. Die Berechnung mit dem zweiten Basisendpunkt ergab das gleiche Resultat.

Damit war de Saussure nach dem gleicher Prinzip vorgegangen wie sechs Jahre zuvor der in Bern wirkende Professor Johann Georg Tralles bei seiner *Bestimmung der Höhen der bekanntern Berge des Canton Bern*: Barometrische Höhenbestimmung von zwei Punkten, welche möglichst nahe am Gipfel lagen, aber im Gegensatz zu diesem erreicht werden konnten, und von dort aus trigonometrische Ermittlung der Höhendifferenz zum Gipfel. Beide Wissenschaftler orientierten sich an Grossbritannien, indem sie die dortige Fachliteratur zitierten und dort produzierte Instrumente einsetzten. Während Tralles die Höhen der Bergriesen im Berner Oberland aber noch aus grösserer Entfernung bestimmte, wagte sich de Saussure bereits etwa fünfeinhalb Kilometer an den «Mont-Cervin» heran. Dass sein Resultat – obwohl schon beachtlich nahe – vom heute gültigen Wert aber trotzdem etwa in der gleichen Grössenordnung abwich wie beim Professor aus Bern, lag wohl am kritischsten Element der ganzen Operation, der barometrisch bestimmten Ausgangshöhe.

Um 1800: Der Atlas Suisse von Meyer/Weiss/Müller

Ebenfalls in den frühen 1790er-Jahren bezogen der Strassburger Ingenieur-Geograph Johann Heinrich



Abb. 58: Honoré Bénédict de Saussure (1740–1799) bestimmte 1792 erstmals die Höhe des Matterhorns. Porträt von Jean-Pierre Saint-Ours.



Abb. 59: Ausschnitt aus dem Manuskript der *Carte de la Suisse avec canevas trigonometrique* (ca. 1:435 000) mit Triangulationsnetz. Vom Oldhorn, vom Wildhorn, aus der Gegend des Rohrbachsteins und vom Sidelhorn aus sind graphische Richtungsmessungen auf den «Mt. Cervin 13860» eingezeichnet. Diese von de Saussure ermittelte Höhenangabe in französischen Fuss entsprechen 4502 m (SHD-DAT, 6M, N 14.3.A.22).

Abb. 60: Mit der *Nouvelle carte hydrographique et routière de la Suisse* (ca. 1:440 000) von Johann Heinrich Weiss wurde de Saussures Höhenangabe 1799/1800 erstmals in einer Karte veröffentlicht (swisstopo, LT K CH 74, 1799).



Weiss (1758–1826) und der Engelberger Zimmermann Joachim Eugen Müller (1752–1833) das Matterhorn in ihre Vermessungen ein. Die beiden arbeiteten im Auftrag des Aarauer Seidenbandfabrikanten Johann Rudolf Meyer (1739–1813) ab 1787 zunächst an einem Relief der Schweizer Alpen, das später als Grundlage für den *Atlas Suisse* diente.

Im Archiv des Service historique de la défense – Département de l'armée de terre (SHD-DAT), das sich im Schloss Vincennes bei Paris befindet, wird eine Manuskriptkarte mit dem Dreiecksnetz aufbewahrt, das mit grösster Wahrscheinlichkeit dem Relief der Schweizer Alpen und dem *Atlas Suisse* zugrunde liegt. Darin sind vier graphische Richtungsmessungen auf den «Mt. Cervin 13860» eingezeichnet (**Abb. 59**). Diese Höhenangabe entspricht jenem Wert, der 1796 von de Saussure veröffentlicht worden war, aber in französischen Fuss. Weiss, dem diese anonyme Manuskriptkarte zugeschrieben wird, hat also diese Kote höchstwahrscheinlich nicht selbst bestimmt, sondern – als der französischen Literatur Kundiger – de Saussures Werk entnommen, ohne allerdings seine Quelle anzugeben. 1799/1800 wurde sie jedenfalls durch Weiss in Strassburg in der *Nouvelle carte hydrographique et routière de la Suisse* publiziert (**Abb. 60**).

Auf Blatt 14 des *Atlas Suisse*, das 1798 im Massstab von etwa 1:120 000 veröffentlicht wurde, fehlt eine Höhenangabe für das Matterhorn, das zudem nicht auf der Landesgrenze liegt (**Abb. 14**). Zwar war es im Rahmen des von Meyer finanzierten Relief- und Kartenwerks noch nicht gelungen, vollständige Klarheit in die Nomenklatur und die Kartendarstellung der Gegend um Zermatt zu bringen, aber immerhin waren das Matterhorn und der Mont Cervin nicht mehr zwei verschiedene Gipfel wie bei Bacler d'Albe (**Abb. 16**).

1831–1836: Die Messungen von Domherr Berchtold und seines Neffens Müller

Der in Sitten wirkende Domherr Josef Anton Berchtold (**Abb. 61**) war der nächste Wissenschaftler, der die Höhe des Matterhorns bestimmte. Er war allerdings schon 51 Jahre alt, als er im März 1831 im Champsec östlich von Sitten mit eisernen Stangen eine 2095.82 Meter lange Basis mass. Fünf Jahre zuvor hatte er mit ersten Vorbereitungen zur Vermessung seines Heimatkantons begonnen. Das wichtigste seiner Instrumente war ein Theodolit, den er nach einem selbst angefertigten hölzernen Modell von Jakob Kern (1790–1867) in Aarau herstellen liess. Mit dieser «Messmaschine», wie er sie nannte, konnte er Richtungs- und Höhenwinkel beobachten.

In den Jahren bis 1844, in denen die Triangulation des Wallis entstand, sind von 153 Stationen aus rund 7500 Messungen dokumentiert. Sie sind in drei mit *Protokol trigonometrischer Messungen* beschrifteten Bänden zusammengestellt, die zusammen 940 Seiten umfassen und im Staatsarchiv Wallis aufbewahrt werden. Demnach mass der Domherr am 7. September 1831 von der Station «Tioly» nördlich von Sitten aus erstmals einen Richtungs- und Höhenwinkel auf das Matterhorn. Bis zum 26. September 1836 folgten Beobachtungen von weiteren acht Stationen, wobei die letzten drei von Josef Anton Müller (1816/1818–1881), dem Neffen des Domherrn, gemessen wurden. Dieser sollte in den kommenden Jahren wesentlich zum guten Gelingen der Walliser Vermessung beitragen, lagen doch 55 Stationen, also rund ein Drittel, über 2000 Meter.

Aus dem in jahrelangen beharrlichen Messungen gewonnenen Material berechnete der Domherr die Koordinaten und die Höhe von etwa 850 Punkten, erstere anfänglich bezogen auf die Kathedrale von Sitten, wo er zuvor noch Messen gelesen hatte.

Berchtolds Berechnungen im Walliser Staatsarchiv umfassen 26 Foliohefte mit insgesamt 1500 Seiten. Anton Gattlen, der dieses Werk im Detail erforscht hat, kommt zum Schluss, dass zusammen mit den übrigen Protokollen und Bänden noch heute über 4000 Seiten vorliegen, «alle von der Hand Berchtolds, sauber und leserlich geschrieben» – Zahlenberge, die von einer grossen wissenschaftlichen Leistung zeugen.

In seinem Manuskript über *Die Vermessungen des Rhonebeckens und dessen Civilisirung* von 1857 schilderte der Domherr seine Annäherung an unseren Gipfel. «Indem wir einstweilen die Dentblanche, das Gabelhorn und den Zinal links im Norden lassen, so stehen wir hart vor dem erstaunlichen Matterhorn, auch Mons Silvius, Mont Cervin genannt. Alle Abbildungen, derer viele gemacht wurden, und alle Beschreibungen, selbst diejenigen, in denen sich jüngst Hr. Engelhardt erschöpfte, und der Dichtkunst aufgeboten wurde, Farben und Worte hervorzugeben, erreichen die Betäubung nicht, von der das äussere & innere Auge erstarrt, wenn man auf einmal vor dieser ungeheuren Felspyramide, wohl der einzigen in der Welt, steht. Das Matterhorn, ein wahres Horn, ist wie wir bald sehen werden, gar nicht der höchste Berg in der Schweiz, wofür er früher gehalten wurde; sondern nur dessen Riesengestalt hat ihres Gleichen nicht. Gewiss fragt Niemand, der in diese Gegend kommt, die um und um von den kolossalsten Bergen umzingelt ist, welcher unter ihnen das berühmte Matterhorn sei. Ich war daher beflissen, dieses Wunder der bildenden Natur vielseitig zu messen [...]»

In der *Triangulation von Wallis II Classe III Heft* beschrieb der Domherr auch seine Schwierigkeiten bei der Berechnung des «Matterhorn, [...] die berühmte und wegen ihrer kolossalen Gestalt einzige, abgestumpfte, Fels-Pyramide wurde gemessen in Lachot, Orsivaz, Illhorn, Gredetsch, Setzen, Rifel, Mettelhorn ec. Allein da dieser Berg keine Spitze darbiethet, so konnte aus allen [Berechnungen] keine vollkommen befriedigend erhalten werden; die wahrscheinlichste wird hier eingetragen, nämlich jene von Illhorn und Setzen». In Berchtolds dicken Manuskriptband *Triangulation du Valais* im Bundesarchiv ist die Höhe des Matterhorns mit 4515.7 Meter angegeben. Auch seine Nachfolger sollten noch lange mit diesen Problemen zu kämpfen haben: Ohne eindeutig definierten Zielpunkt in Form eines Signals auf dem Gipfel konnte kein zuverlässiges Resultat erreicht werden.

1859: Triangulation und topographische Aufnahme durch Bétemps

Kurz nachdem Berchtold mit seiner Vermessung des Wallis begonnen hatte, wurde der Genfer Guillaume-Henri Dufour (1787–1875) im September 1832 von der Tagsatzung zum Oberstquartiermeister (Generalstabschef) gewählt. Zu seinen vielen Aufgaben gehörte auch die Erstellung der *Topographischen Karte der Schweiz* 1 : 100 000, welches später zu sei-

nen Ehren «Dufourkarte» genannt wurde. Ein wesentliches Element für das gute Gelingen dieses grossartigen Projekts war Dufours Fähigkeit, Fachleute in den verschiedenen Landesteilen für die Mitarbeit zu gewinnen, so ab 1834 Berchtold und ab 1837 auch Müller. Die Zusammenarbeit zwischen dem General und dem Domherrn bildet denn ein schönes Beispiel für das föderalistische Mitwirkungsprinzip, mit dem dieses erste gesamteidgenössische amtliche Kartenwerk realisiert wurde.

Im hinteren Mattertal und im Saastal mussten allerdings die von Berchtold bestimmten Punkte vor Beginn der topographischen Aufnahmen zur Dufourkarte zuerst noch durch den Ingenieur-Geographen Adolphe-Marie-François Bétemps (1813–1888) verdichtet werden. Sein Verzeichnis der *Points trigonométriques des Feuilles XXII et XXIII (Triangulation du Valais)* von 1859 in der Kartensammlung des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo gibt für das «Matterhorn ou Mt. Cervin, rocher» eine Höhe von 4482 Metern an.

Bétemps nahm anschliessend das Matterhorn auch topographisch auf, wovon die Originalaufnahme 485 *Feuille XXII, Section 8* im Massstab 1 : 50 000 von 1859 zeugt (**Abb. 32**). Die Kote 4482 wird darin eindeutig dem Ostgipfel zugeordnet, aber der Gipfelgrat ist bereits erkennbar. An diesem Blatt waren auch die Ingenieur-Topographen Hermann Siegfried (1819–1879) im Nordteil und René L'Hardy (1818–1899) im Westteil beteiligt. Sie arbeiteten direkt im Gelände mit dem Messtisch und der Kippregel. Eduard Imhof schätzte in seinem Aufsatz *Unsere Landeskarten und ihre weitere Entwicklung*, dass in jener Zeit pro Blatt rund 4–500 Punkte aufgenommen wurden, was eine durchschnittliche Dichte von 2-2½ Punkten pro Quadratkilometer ergibt. Nachdem diese Originalaufnahme auf die Hälfte reduziert, seitenverkehrt in die Stecherpause umgearbeitet und in Kupfer gestochen worden war, wurde das Blatt XXII *Martigny Aoste* der Dufourkarte 1861 publiziert (**Abb. 34**). Im Original-Aufnahmemaassstab wurde das Gebiet auf Blatt *III.2 Zermatt, Cervin* der Exkursionskarte *Süd-Wallis* 1 : 50 000 des Schweizer Alpen-Club veröffentlicht, welches dem fünften SAC-Jahrbuch von 1868/69 beilag (**Abb. 35**).

1877/1880: Unterscheidung von Ost- und Westgipfel durch Imfeld

Nachdem die Arbeiten an der Dufourkarte in Genf abgeschlossen waren, wurde ab 1865 in Bern das Eidgenössische Stabsbureau aufgebaut. Am 18. Dezember 1868 erliess die Bundesversammlung die beiden Bundesgesetze «betreffend die Fortsetzung der topographischen Aufnahmen» und «betreffend die Publikation der topographischen Aufnahmen». Unmittelbar nach seiner Gründung hatte der Schweizer Alpen-Club 1863 begonnen, die eidgenössischen Aufnahmen als «Excursionskarten» in ihrem Originalmassstab zu publizieren. Ab 1870 geschah dies auf der Basis des zweiten nationalen Kartenwerks,



Abb. 61: Domherr Josef Anton Berchtold (1780–1859), porträtiert von seinem Freund Lorenz Justin Ritz im Jahre 1847. Bild im Rathaus von Sitten (aus: Fibicher 1995, S. 156).



Abb. 62: Xaver Imfeld (1853–1909) revidierte 1877 das Blatt 531 *Matterhorn* für die Siegfriedkarte und vermäss 1891 den Gipfel mit terrestrischer Photogrammetrie (BAR, E27/20652).

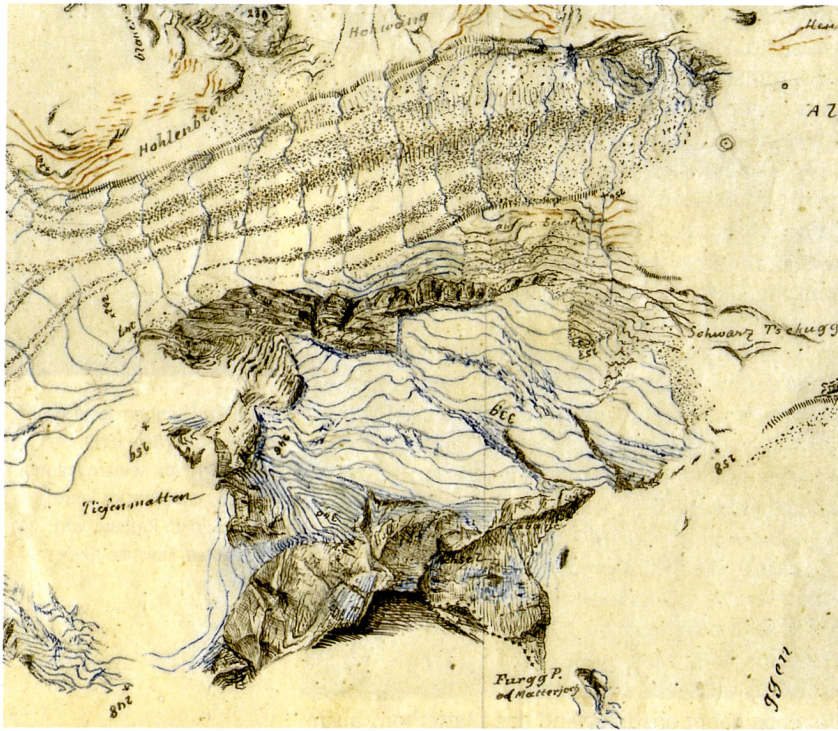


Abb. 63: Revisionspause 1:50000 aus dem Jahre 1877 von Xaver Imfeld für Blatt 531 *Matterhorn*: Der Gipfelgrat wird akzentuiert, aber er trägt noch keine Koten (swisstopo, LT TAR 531).

Abb. 64 (Seite 37 oben): Stecherpause für die Erstausgabe von Blatt 531 *Matterhorn* des *Topographischen Atlas der Schweiz* 1:50000 (Siegfriedkarte). In dieser Manuskriptkarte wird – vermutlich durch Xaver Imfeld, der das Blatt auf Grundlage der Originalaufnahme von Bétemps 1877 (Abb. 32) revidiert hat – erstmals zwischen Ost- und Westgipfel unterschieden. Letzterer trägt allerdings die bemerkenswerte Höhenkote 4505, wonach der in natura praktisch horizontale Gipfelgrat auf knapp 80 Metern um 23 Meter nach Westen ansteigen würde (swisstopo, LT TAR 531).

des *Topographischen Atlas der Schweiz*. Es wird zu Ehren seines ersten Leiters «Siegfriedkarte» genannt und weist im Alpengebiet den Massstab 1:50000 auf. Dabei wurden technisch zwei Verfahren unterschieden: Neuaufnahmen und Revisionen.

Die relativ aktuelle Originalaufnahme des Matterhorns von 1859 (**Abb. 32**) genügte den Anforderungen und musste bloss revidiert werden. Diese Arbeit wurde dem Ingenieur-Topographen Xaver Imfeld (**Abb. 62**) übertragen, der sie 1877 ausführte, zusammen mit den Blättern 527 *Lourtier*, 528 *Evolène*, 530 *Gd Combin* und 532^{bis} *Mont Velan*. Diese fünf Revisionen, die rund 840 km² Schweizer Gebiet abdecken, gehören zu den ersten der bis 1891 andauernden Arbeiten Imfelds im Wallis für das Eidgenössische Stabsbureau. Schon im ersten Jahr, als er im Hotel Monte Rosa in Zermatt logierte, dürfte ihm die sieben Jahre jüngere Marie Seiler (1860–1930), das dritte Kind des Zermatter Hotelkönigs Alexander I Seiler (1819–1891), sehr angenehm aufgefallen sein. Jedenfalls heirateten die beiden 1880, sodass der schon damals berühmte Ingenieur-Topograph nun auch verwandtschaftlich mit der Gegend von Zermatt verbunden war.

Während Imfelds im Feld entstandene Revisionspause (**Abb. 63**) den Gipfelgrat noch ohne Höhenangaben akzentuiert, wird in der zwischen 1877 und 1880 entstandenen, undatierten Stecherpause für den schweizerischen Teil von Blatt 531 *Matterhorn* (**Abb. 64**) erstmals mit den Koten 4482 – von Bétemps bestimmt – und 4505 zwischen Ost- und Westgipfel unterschieden. Demnach würde der in natura praktisch horizontale Gipfelgrat auf knapp 80 Metern um 23 Meter nach Westen ansteigen, also um fast 30%. Diese bemerkenswerte Kotenkonstellation wurde 1880 mit der Erstausgabe des

Topographischen Atlas der Schweiz 1:50000 publiziert (**Abb. 38**).

Woher stammte diese Kote 4505? Der Schlüssel zur Antwort auf diese Frage liegt in einem Faszinosum unseres Gipfels, das bisher nicht zur Sprache kam: Er liegt auf der Landesgrenze, und auf beide Seiten übt er eine grosse symbolische Anziehung aus. Es gilt, nicht nur aufs «Hore» zu fokussieren, sondern auch die Gran Becca im Auge zu behalten...

1868: Giordanos Höhenbestimmung des Westgipfels

Der Turiner Ingenieur und Mineninspektor Felice Giordano (1825–1892) aus dem Umfeld der italienischen Spitzenbergsteiger publiziert im Jahr nach der Erstbesteigung mit der *Escursione al Gran Cervino nel luglio 1866* das erste Buch zur Matterhorn-Besteigung überhaupt. Am 4. September 1868 bezwang er die Gran Becca erstmals auch selbst. Schon zwei Wochen später berichtete er an der ausserordentlichen Sitzung der italienischen Naturforscher in Vicenza ausführlich darüber. Sein spannender Beitrag *Ascensione del Monte Cervino* verbindet den Alpinismus mit der Wissenschaft; er erschien noch im gleichen Jahr in den *Atti della Società italiana di Scienze naturali*. Daraus geht eindeutig hervor: Die Kote 4505 für den Westgipfel stammt von Giordano, er hatte sie bereits zwölf Jahre vor der Erstaussgabe von Blatt 531 *Matterhorn* in seiner Tafel *Sezione geologica del M^{te} Cervino* publiziert (**Abb. 66**).

Während seines Aufstiegs notierte Giordano regelmässig an Schlüsselstellen seine Ablesungen am Barometer und am Thermometer. Erstmals in seinem Leben auf dem Gipfel angekommen, stellte er fest, dass der Gipfelgrat nur an einer Stelle durch eine einige Meter tiefe Scharte eingekerbt war, ansonsten aber fast horizontal verlief. Die Höhe der beiden Spitzen schienen sich nur wenig zu unterscheiden, die östliche würde höchstens um zwei bis drei Meter dominieren. Giordano verbrachte etwa 1½ Stunden auf dem Westgipfel. Gegen zwei Uhr nachmittags beobachtete er den Luftdruck und die Temperatur.

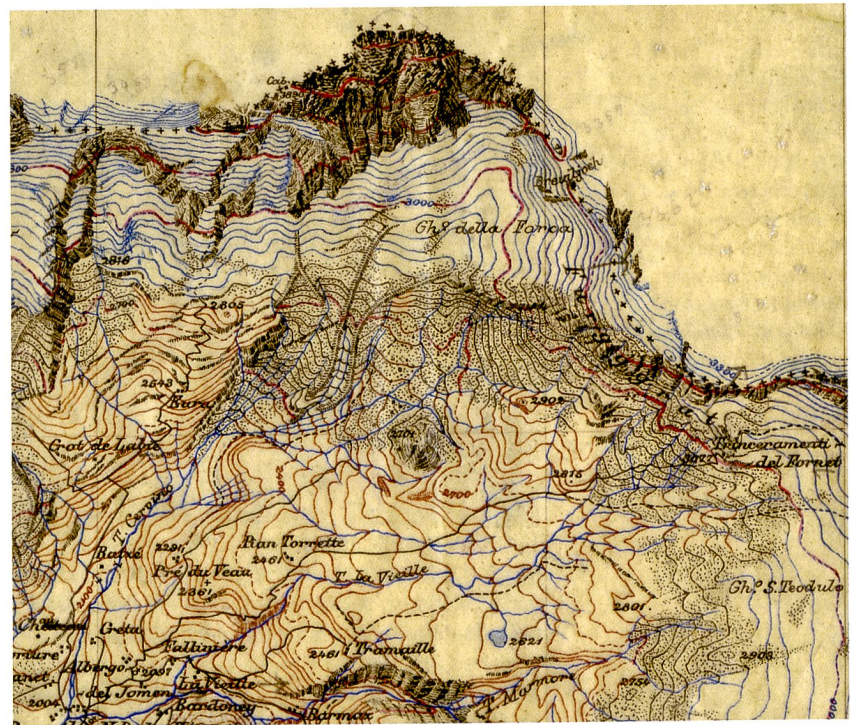
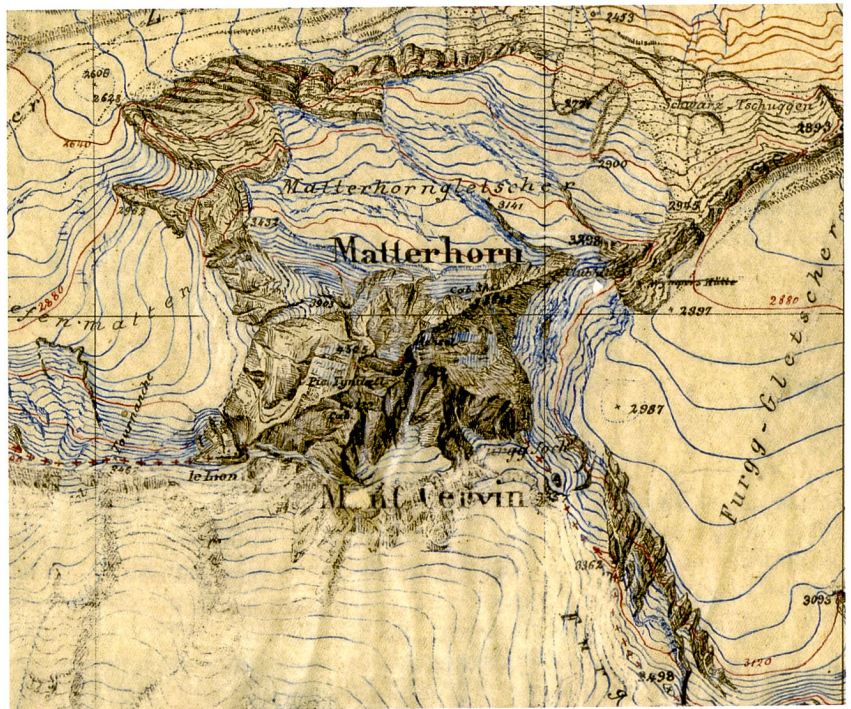
Um die regionalen Druckunterschiede berücksichtigen zu können, hatte der Mineninspektor vorgesorgt: Gleichzeitig wurde auch auf zwei Referenzstationen gemessen. Die eine lag in Aosta auf einer Höhe von 600 Metern über Meer und wurde vom Canonico Georges Carrel (1800–1870) betrieben, der als Domherr, Wissenschaftler und Wissenschaftsautor als eine Art südliches Pendant zum Walliser Domherren Berchtold gelten mag. Carrel besass im Weiler Avuil, etwas mehr als einen Kilometer südwestlich von Breuil und nur 6.2 Kilometer vom westlichen Matterhorngipfel entfernt, eine kleine Alphütte auf 1980 Metern, wo eine seiner Nichten, die er entsprechend instruiert hatte, alle zwei Stunden auf einem guten, mit jenem von Giordano abgeglichenen Barometer den Druck ablas. Carrel erhielt aus den beiden Referenzmessungen zwei

Höhen für den Westgipfel der Gran Becca, die sich nur um sechs Dezimeter unterschieden, mit dem Mittelwert von 4505 Metern.

Giordano war sich bewusst, dass sein Höhenwert 23 Meter über jenem der Dufourkarte lag und dass dieser trigonometrisch bestimmt worden war. Er sah es aber als erwiesene Tatsache an, dass barometrisch bestimmte Höhen «*assai esatte*» seien, also ziemlich genau, auch wenn sie sich ein wenig von den aus der Triangulation resultierenden unterscheiden würden. Er wählte sich zuversichtlich, dass sein Wert als gültig betrachtet werden könne. Weil er de Saussures Resultat nicht richtig zitierte, entging ihm, dass dieses nur drei Meter tiefer lag als seines. Dies mag ein Indiz dafür sein, dass damals der Druckgradient in grosser Höhe noch nicht genügend genau bekannt war.

«Aus den barometrischen Höhenmessungen von Hrn. Giordano resultirte im Mittel für das Matterhorn eine Höhe von 4505^m», schrieb Gottlieb Studer 1870 in der Erstausgabe von Band 2 *Walliser-Alpen* seines Klassikers *Ueber Eis und Schnee*. Er gab allerdings nicht an, dass sich dieser Wert auf den West-Gipfel bezog, welcher damals im amtlichen Kartenwerk aber gar noch nicht erkennbar war. Es ist nicht bekannt, ob Imfeld Giordanos Text kannte oder nur sein geologisches Profil – oder gar «*nur*» Studers Zitat. Sonst hätte er als Ingenieur-Topograph wohl kaum die barometrisch bestimmte Kote in einer Entfernung von bloss etwa hundert Metern zu einer trigonometrisch bestimmten gesetzt. Jedenfalls führte die Auswahl seiner beiden Gipfelkoten zu jahrelangen Diskussionen in der Fachwelt. Adolf Wäber schrieb 1898 bei seiner Überarbeitung des zweiten Bandes von Gottlieb Studers *Über Eis und Schnee*: «Die Quote 4505 für den Italienischen Gipfel auf Blatt Matterhorn Siegfr. (Revision 1877) ist jedenfalls zu hoch.» 1905 thematisierte das *Geographische Lexikon der Schweiz* im Artikel über das Matterhorn diese Frage ebenfalls: «Die Höhe wird etwas verschieden angegeben: der Schweizergipfel des W.-O. streichenden und gezahnten obersten Grates hat nach der Siegfriedkarte 4482 m, nach neueren Messungen 4486 m; der italienische Gipfel soll etwas höher sein, doch sind die 4505 m der Siegfriedkarte zu viel. Die italienische Karte gibt ihm ebenfalls 4482 m.»

Wohl am intensivsten setzte sich 1912 der Ingenieur-Topograph Charles Jacot-Guillarmod (1868–1925) mit der Frage *Quelle est l'altitude du Cervin* auseinander, als er im *L'Echo des Alpes* anhand von Unterlagen der Abteilung für Landestopographie auf zehn Seiten den aktuellen Wissensstand darlegte. Er hatte im Sommer zuvor den Verlauf der Landesgrenze zwischen der Tête Blanche und dem Col des Bouquetins untersucht und bei dieser Gelegenheit aus Neugierde mit seiner Kippregel den Westgipfel angezielt, wofür er eine Höhe von 4479.4 Meter ermittelte. Hauptelement seiner Argumentation waren aber die Resultate der Triangulation von Ingenieur Rosenmund.



1888–1898: Rosenmunds Triangulation 3. Ordnung des Zentralwallis

Max Rosenmund (1857–1908) hatte die Gegend um das Matterhorn bereits im August 1877 während seines Studiums als Bauingenieur kennen gelernt. Seine Zeichnung *Matterhorn von Breuil* aus (Abb. 67) zeigt das grosse topographische Talent des Zwanzigjährigen. Er veröffentlichte sie im folgenden Jahr in der *Neuen Alpenpost*, zusammen mit der Beschreibung seiner Überschreitung des Matterhorns von Süden nach Norden.

1888 wurde Max Rosenmund mit der Triangulation 3. Ordnung des zentralen Teils des Wallis beauftragt,

Abb. 65 (unten): Stecherpause für den italienischen Teil von Blatt 531 *Matterhorn*, 1890 bei dessen Zweitausgabe erstmals publiziert (swisstopo, LT TAR 531).

Abb. 69: Ingenieur Charles Bähler (1891–1960) mit Gehilfe auf dem Theodulgletscher vor dem Hintergrund der Ostwand des Matterhorns, vermutlich am 2.9.1930 auf der Station 2483 (vgl. Abb. 70) durch Gehilfe Hans Eggler (1894–1967) fotografiert. Bähler bedient den Phototheodolit, die Kombination einer photographischen Messkammer mit einem Winkelmessgerät. Man beachte auch das wichtige Utensil hinter der Stange des Sonnenschirms (swisstopo, Bildsammlung, Technische Aufnahme 4505).

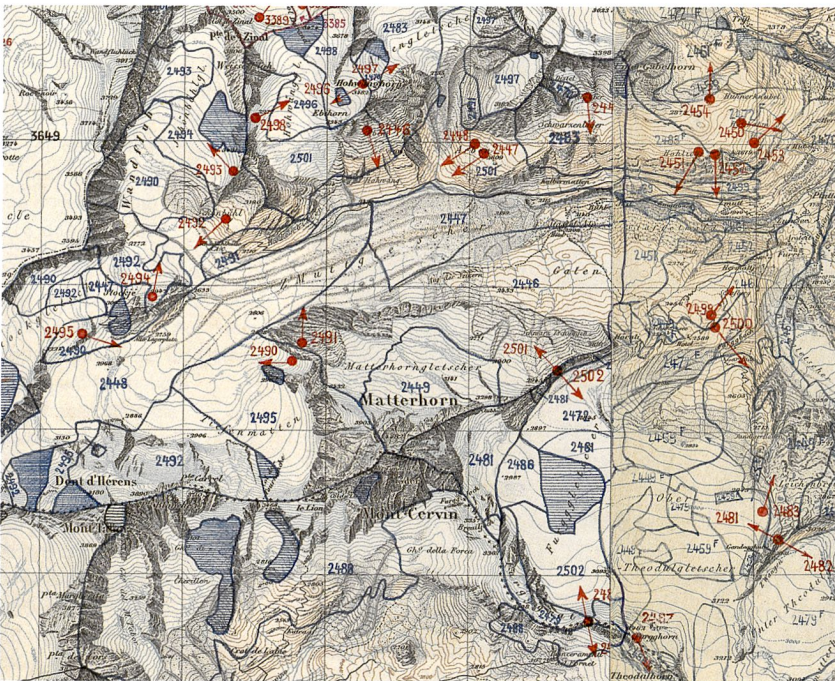


Abb. 70: Übersicht über die Disposition der terrestrischen Aufnahmen des Matterhorns durch Ingenieur Bähler. Die vier Gipfflanken wurden von den Stationen 2449 (16.7.1930), 2481 (30.8.), 2488 (4.9.) und 2495 (19.9.1930) aus fotografiert (swisstopo, Bildsammlung, Zusammensetzung der TerrA-Übersichten 531 und 535).

800 mehrfach bestimmten Höhenpunkten. Photogrammetrischer Theodolit von Kern u. Comp. Aarau.» Aus den Abmessungen des Reliefs lässt sich eine mittlere Punktdichte von knapp 24 photogrammetrisch bestimmten Punkten pro Quadratkilometer ableiten. Das war zehnmals dichter als für die bisherigen amtlichen Karten.

Die Photogrammetrie oder Bildmessung, seinerzeit auch als «Phototopographie» bezeichnet, steckte damals in der Schweiz erst in ihren Anfängen. Der Messtisch wurde dabei durch den Phototheodoliten ersetzt, einer Kombination zwischen einer Kamera mit einem Winkelmessgerät, mit welchem die Orientierung der Aufnahmen im Raum ermittelt wurde. Durch die Aufnahme auf eine Glasplatte wurde das Strahlenbündel, das bei einer klassischen Aufnahme direkt im Gelände auf dem Messtisch entstand, photographisch gespeichert und konnte später anhand der Brennweite der Kamera und den Bildkoordinaten

der auszuwertenden Punkte im Büro lagerichtig rekonstruiert werden. Man sprach deshalb von «Messtisch-Photogrammetrie». Dadurch konnte die Feldarbeit deutlich verkürzt werden, denn durch die Photographie wurde das Gelände quasi ins Büro geholt und konnte im Winterhalbjahr ausgewertet werden.

Das kam Imfelds Arbeitsumständen in jenen Jahren sehr entgegen: Nachdem er sich im Spätsommer 1891 bei den Abklärungen für die Fundierung eines Observatoriums auf dem Gipfel des Mont Blanc fast übermenschlich angestrengt hatte, wurde er ab Sommer 1892 für etwa drei Jahre durch Lähmungserscheinungen gezwungen, auf Feldarbeiten weitgehend zu verzichten. Am 30. Januar 1894 musste er deshalb auch auf seinen Anteil an der zwei Jahre zuvor erteilten Konzession für die Matterhornbahn verzichten.

Mit seiner photogrammetrischen Vermessung des Matterhorns von 1891 gehört Imfeld zu den allerersten Pionieren dieser neuen Methode in der Schweiz. Zwei Jahre später veröffentlichte er in der Schweizerischen Bauzeitung seinen Beitrag *Ueber Photogrammetrie*. Doch es sollten rund drei Jahrzehnte verstreichen, bis sein ehemaliger Arbeitgeber die Bildmessung in den amtlichen Kartierungsprozess einzuführen begann. Weil das Projekt der Matterhornbahn nicht realisiert wurde, verwertete der Privattopograph Imfeld seine dafür vorgenommene phototopographische Vermessung auf andere Weise: Er schuf mit dem grossmassstäblichen Relief des Matterhorns wohl das eindrücklichste Modell des Bergs (**Abb. 68**).

1920: Bähler signalisiert beide Gipfel

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden im Hinblick auf ein neues Kartenwerk, das die Siegfried- und die Dufourkarte ablösen sollte, neue geodätische Grundlagen geschaffen. Ingenieur Jakob Hilfiker (1851–1913) publizierte 1902 seine *Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Anschluss an den Meereshorizont*, und im folgenden Jahr legte Rosenmund *Die Aenderung des Projektionssystems der schweizerischen Landesvermessung* fest. Doch es sollte etliche Jahre dauern, bis sich diese beiden fundamentalen Werke der Landesvermessung des 20. Jahrhunderts am Matterhorn auswirkten.

In der Folge musste zuerst die Triangulation erneuert werden, was im Netz 1. Ordnung des Wallis zwischen 1913 und 1915 geschah. Anschliessend wurde auch die Triangulation 3. Ordnung neu angelegt, wobei möglichst viele der seinerzeit von Rosenmund errichteten 600 Punkte übernommen wurden. Doch dieser hatte das Matterhorn bloss mehrfach angezielt, aber noch keine Punkte versichert, was nun nachgeholt werden musste. Laut dem Feldprotokoll im Geodäsie-Archiv von swisstopo verliess Ingenieur Charles Bähler (**Abb. 69**) am 16. Juli 1920 um 5:30 Uhr die «Matterhornhütte» – die heutige Hörnlihütte – und erreichte nach einem viertelstündigen Rast in

der Solvayhütte um 9:30 Uhr den Schweizer Gipfel, der in den Akten der Landesvermessung fortan als «Matterhorn Ost» bezeichnet wurde. Dort «wurde die Gwächte bestehend aus Schnee und Eis entfernt und im Fels ein Lochbolzen eingelassen». Zu dessen Rückversicherung wurden «2 excentrische Kreuze gehauen, wegen Sturmwind sind sie aber noch nicht eingemessen. Auf dem Centrum wurde ein Katastersignal aufgestellt (mit Streben) [...]. Auf dem italienischen Gipfel ist noch eine starke Gwächte. Es wird vorgesehen auch daselbst in vielleicht 8 Tagen ein Signal zu stellen und zu gleicher Zeit den Punkt auf dem Schweizergipfel zu kontrollieren.» Nach dreistündiger Arbeit begann um 12:30 der Abstieg, und die Equipe war um vier Uhr nachmittags wieder in der Hütte zurück.

Nachdem das Signal auf dem Westgipfel ebenfalls errichtet worden war, waren nun für die folgenden Winkelmessungen erstmals klar definierte Zielpunkte vorhanden. Doch Bähler und seine Gehilfen ersparten sich eine weitere Besteigung. Sie verzichteten auf das mühsame Hochschleppen des Theodolits und der weiteren Ausrüstung, denn sie stationierten weder auf dem Ost- noch auf dem Westgipfel. Deren Koordinaten und Höhen wurden aus den nur einseitig beobachteten Richtungs- und Höhenwinkeln der benachbarten Triangulationspunkte abgeleitet. Nach erfolgter Auswertung seiner Beobachtungen publizierte Bähler seine Erkenntnisse *Zur Höhenbestimmung des Matterhorns* im Frühling 1921 in den *Alpina* und im *L'Écho des Alpes*. Nun erhielten die Alpinisten Gewissheit, aber nur in einem Punkt: «Vor allem ergaben unsere Messungen einen sichern Aufschluss über die Höhendifferenz der beiden Gipfel», und zwar «zu Gunsten des Schweizergipfels» im Mittel aus neun Bestimmungen « $+1,10\text{ m} \pm 0,02\text{ m}$. Der Kulminationspunkt des ungefähr von Ost nach West verlaufenden Gipfeldaches ist demnach der sog. «Schweizergipfel» (Ostgipfel), während der «italienische» (Westgipfel) um 1,10 Meter niedriger ist, vorausgesetzt, dass die Gipfel firnfrei sind. Die horizontale Entfernung zwischen den beiden Gipfelsignalen beträgt $80,59\text{ m} \pm 0,02\text{ m}$.» Damit blieb die wichtigste Frage vorderhand noch offen: «Die Angabe der endgültigen Meereshöhe wird erst nach Durchführung des Präzisionsnivellements nach Zermatt möglich sein. Sie wird jedoch von der im Siegfried- und Dufouratlas angegebenen Kote 4482 für den Schweizergipfel nur unwesentlich abweichen; dagegen ist die seit 1880 im Siegfriedatlas angegebene Kote 4505 für den italienischen Gipfel sicher unrichtig.»

Bis zur definitiven Ermittlung der Meereshöhe musste man sich ein weiteres Jahrzehnt gedulden. Einen wichtigen Umstand hätte Bähler allerdings bereits erwähnen können: Hilfikers *Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz* war bereits 1902 zu folgendem Schluss gelangt: «Als Ausgangshorizont des schweizerischen Höhennetzes wird das Mittelwasser des Mittelländischen Meeres im Hafen von Marseille eingeführt [...]. Demgemäss wird die abso-

lute Höhe von Pierre du Niton auf 373,6 m festgesetzt.» Das bedeutete, dass der im Hafenbecken von Genf gelegene Ausgangspunkt aller Höhenmessungen in der Schweiz fortan eine Höhe tragen sollte, die um 3.26 m tiefer lag als jene, die für die Dufour- und Siegfriedkarte massgebend war.

1930: Präzisionsnivellement, Triangulation

4. Ordnung und terrestrische Aufnahmen

Die Verantwortlichen der Landestopographie koordinierten die im Mattertal anstehenden Vermessungen sorgfältig. Innerhalb des Jahres 1930 wurde Zermatt zuerst ans Landesnivellement angeschlossen, womit eine solide Höhengrundlage für die anschliessende Triangulation 4. Ordnung vorlag, welche ihrerseits die Basis für die topographische Vermessung mittels terrestrischer Photogrammetrie bildete. Damit wurde es schliesslich möglich, den veralteten *Topographischen Atlas* durch die neuen *Landeskarten* zu ersetzen.

Das Hauptnetz des Landesnivellements, mit dem nach und nach alle Höhen des Landes auf den neuen Ausgangswert des Pierre du Niton bezogen wurden, war zwischen 1902 und 1927 gemessen worden. Der Ast des *Sekundär-Nivellements* von Visp nach Zermatt hatte für das Hauptnetz keine Bedeutung und war von geringer Priorität. Zwischen dem 11. Juni und dem 14. Juli 1930 beobachtete Ingenieur Fritz Kradolfer (1885–1964) die Linie nach Zermatt, wo acht Fixpunkte errichtet worden waren. Am Endpunkt angelangt, kehrte die Equipe um und beobachtete nach der Vorgabe «eine Messung ist keine Messung» die ganze Linie wieder nach Visp zurück. «Der mittlere Fehler des Hin- und Rücknivellements beträgt $0,73\text{ m/m pro km}$ », wies Kradolfer in seinem Bericht im Geodäsie-Archiv von swisstopo nach.

Damit war nun endlich die Voraussetzung gegeben, um die Höhe des Matterhorns definitiv zu bestimmen. Dies geschah im Rahmen der Triangulation 4. Ordnung der Gruppe XXV *Zermatt*, die von Ingenieur-Geometer Robert Carrupt (**Abb. 71**) ausgeführt wurde, einem aus Chamoson stammenden Angestellten der Landestopographie. Gemäss *Verifikationsbericht* begann er mit der Versicherung und Signalisierung unmittelbar nach der Rekognoszierung im Mai 1930. Er verdichtete die Triangulation von 1920 durch 230 Neupunkte. Im Talboden von Zermatt waren fünf davon direkt nivelliert worden. Von ihnen aus wurden die Höhen auf trigonometrische Weise auf alle weiteren Punkte übertragen.

Carrupt war der erste Ingenieur, der mit seiner Equipe nachweisbar ein grösseres Vermessungsinstrument samt Stativ und Zubehör auf den Gipfel schleppte – von Giordanos Barometer abgesehen. Wie viele Gehilfen den Geometer bei seinen Winkelmessungen auf dem Westgipfel begleiteten, geht aus den Akten nicht hervor. Sein im Staatsarchiv Wallis aufbewahrtes *Winkelbuch Nr. 6* mit zwei Stempeln des «Rifugio Albergo Principe di Piemonte

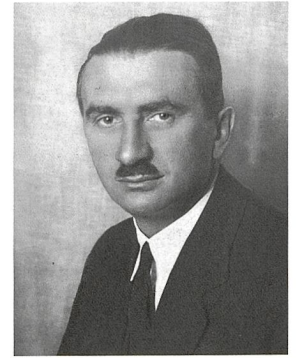
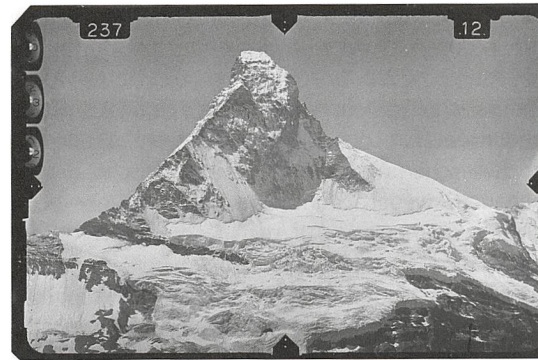


Abb. 71: Robert Carrupt (1889–1965), Ingenieur-Geometer der Landestopographie, bearbeitete 1930 die Gruppe XXV *Zermatt* der Triangulation 4. Ordnung und mass auf dem Westgipfel (swisstopo, Bildsammlung, Technische Aufnahme 4414).

Abb. 72: Stereobildpaar mit den terrestrischen Aufnahmen des Matterhorns von Station 2449 *Unter Gabelhorn Süd* im Gebiet Distelgufer auf einer mittleren Höhe von 3042.3 m (vgl. Abb. 70), am 16. Juli 1930 durch die Equipe von Ingenieur Charles Bähler aufgenommen. Die vier dreiecksförmigen Rahmenmarken in der Mitte der Bildseiten und das Zählwerk am linken Bildrand zeigen, dass es sich um Messbilder (Format: 15x10cm) handelt. Sie wurden mit der Kamera Wild Nr. 12 mit einer Brennweite von 237 mm aufgenommen. Die Entfernung von 900 Metern zwischen linkem und rechtem Basisendpunkt führt zu einer Lagedifferenz identischer Punkte in den beiden Messbildern, der sogenannten Parallaxe, anhand derer im Winterhalbjahr das Stereomodell im Autographen ausgewertet werden konnte (swisstopo, Bildsammlung, Inventarnummern 349752 und 349776).



al Teodulo C.A.I. Sezione Torino» und einem der «C.A.S. Cabane du Cervin Section Monte Rosa (3208 m)» zeugt jedenfalls von einer beeindruckenden trigonometrischen Alpinhohtour. Am 25. August 1930 bestieg die Equipe das Matterhorn, wo Carrupt mit dem Theodolit 12 Richtungen und 14 Höhenwinkel zweimal in beiden Fernrohrlagen beobachtete. Fein säuberlich wurden die Messwerte im Feldbuch notiert. Vermutlich noch am gleichen Tag stiegen die Vermesser nach Zermatt ab, wo sie am folgenden Tag gleich sechs Stationen im Talboden bewältigten. Die erfolgreiche Kampagne auf dem Matterhorn muss beflügelnd gewirkt haben – von Müdigkeit jedenfalls keine Spur!

Im Winterhalbjahr konnte Carrupt die Höhen definitiv berechnen. Der grosse Band im Staatsarchiv Wallis mit den *Berechnungen zur Grundbuch-Triangulation IV. Ordnung Gruppe Zermatt* weist für den Westgipfel ein gewichtetes Mittel – je nach Entfernung der Nachbarpunkte – von 4476.40 m und für den Ostgipfel ein solches von 4477.50 m aus, obwohl dieser nach der direkten Messung auf dem Gipfel nur 1.05 m höher war. Carrupt rundete aber grosszügig auf, um Bählers ein Jahrzehnt zuvor publizierte Höhendifferenz zu bestätigen. Was ist schon ein halber Dezimeter angesichts dieser gewaltigen Felspyramide?

Als Dritter kam Ingenieur Bähler (**Abb. 69**) nochmals zum Zug, nun aber nicht mehr als Trigonometer, sondern als Photogrammeter. 1924 war bei der Landestopographie die terrestrische Photogrammetrie für die topographische Vermessung des Alpengebietes eingeführt worden. Mit der Beschaffung von vier Phototheodoliten und zwei Stereoauswertegeräten der Firma Wild Heerbrugg war man auch instrumentell gut ausgerüstet – die klassische Messtischtopographie erhielt massive Konkurrenz.

Bähler bezog zwischen dem 9. Juli und dem 10. Oktober 1930 insgesamt 61 Stationen im Gebiet Zermatt. Um den Stereo-Effekt ausnützen zu können, wurde der Gegenhang jeweils von zwei gut platzierten Punkten aus photographiert. Die gegenseitige Lage dieser beiden Basisendpunkte, die zusammen eine Station bildeten, und die Orientierung der Bilder im Raum wurden mit dem Phototheodolit genau bestimmt. Die vier Gipfflanken des Matterhorns wurden von den Stationen 2449 (16.7.1930), 2481 (30.8.), 2488 (4.9.) und 2495 (19.9.1930) aus aufgenommen (**Abb. 70**). Allein auf Station 2449 wurden 16 Glasplatten belichtet, die 8 Stereobildpaare bilden (**Abb. 72**).

In den vier Jahrzehnten seit Imfelds erster Anwendung der Photogrammetrie am Matterhorn war die Effizienz dieser Methode vor allem im Bereich der Auswertung durch wichtige Neuentwicklungen wesentlich gesteigert worden. Nun waren weder mühsame Rechenoperationen noch komplizierte graphische Vorwärtseinschnitte mehr nötig, denn die Aufnahmegeometrie wurde nun in speziellen Geräten, den sogenannten Autographen, in verkleinertem Massstab rekonstruiert. So konnte Photogrammeter Bähler im Winterhalbjahr 1930/1931 im stereoskopischen Modell die Landschaftselemente mit einer Messmarke abtasten, deren Bewegungen mit einer komplizierten Mechanik direkt kartiert wurden. Der Ingenieur-Topograph Karl Nussberger (1882–1966) bediente dabei den Zeichenstift (**Abb. 73**). Indem das Gelände im Sommer photographiert und die Stationen vermessen wurden, liess sich die Auswertung der Aufnahmen auf den Winter verschieben, wodurch die für die Kartierung nutzbare Zeit praktisch verdoppelt wurde. Im Gegensatz zum *Topographischen Atlas*, bei dem der Massstab des Messtischoriginals jenem der Publikation entsprach, wurde im Hinblick auf die neue *Landeskarte*

Abb. 73: «Autograph Wild No 3», 1938. Auswertung der terrestrischen Aufnahmen: Der Photogrammeter (rechts) tastet mit der Messmarke im Stereomodell die zu kartierenden Landschaftselemente ab, während der Ingenieur-Topograph (links) den Zeichenstift bedient und die topographischen Details ergänzt (swisstopo, Bildsammlung, Technische Aufnahme 5363b).

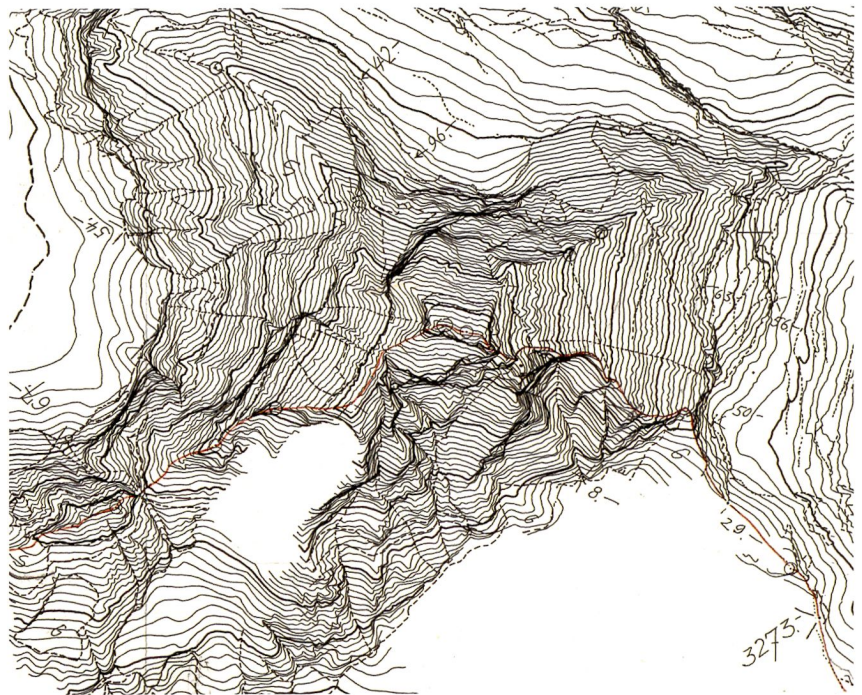


im doppelt so grossen Massstab von 1:25 000 gearbeitet. Die photogrammetrische Auswertung *Matterhorn* auf einer verzugsarmen Bromsilberplatte – das Resultat von Bählers und Nussbergers Arbeit, umfasst das Matterhorn und den Kessel des Zmuttgletschers (**Abb. 74**).

Die Ergebnisse der Vermessungen von 1930 wurden 1941 mit dem sogenannten «Normalblatt» 567 *Arolla E* der *Landeskarte* 1:50 000 publiziert, das der östlichen Hälfte des heutigen Blattes 283 *Arolla* entspricht. Elf Jahre nach ihrer Bestimmung konnten die Kartenbenützer die von Ingenieur Carrupt bestimmten Gipfelkoten von 4476.4 und 4477.5 erstmals zur Kenntnis nehmen (**Abb. 33**). Kurioserweise druckte die Landestopographie im Februar 1944 aber noch die letzte Ausgabe von Blatt 531 *Matterhorn* des *Topographischen Atlas* mit Einzelnachträgen von 1934 [!]. Weil sich dieses Kartenwerk auf den sogenannten «alten Horizont» des Pierre du Niton bezieht, mussten die Höhenkoten künstlich um 3.26 Meter auf 4480 und 4481 erhöht werden, um zu den übrigen Koten zu passen.

Die Höhen von 1930 wurden in den nachfolgenden Kartenwerken unverändert als Anschlusswerte übernommen. Zwischen 1954 und 1971 wurde unter Leitung von Ingenieur Walter-Karl Bachmann (1913–1995), Professor für Photogrammetrie an der damaligen Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne, der *Übersichtsplan* 1:10 000 der Eidgenössischen Grundbuchvermessung erstellt. Das Gelände wurde nun aber nicht mehr vom Boden aus kartiert, sondern mittels Photogrammetrie aus der Luft. Das Aufnahmegebiet Mattertal war derart gross, dass sich die Arbeiten bis zur Anerkennung der Pläne durch das Eidgenössische Justiz- und Polizeidepartement über 17 Jahre erstreckten. Die Eidgenossenschaft übernahm den Hauptteil der Kosten, konnte den *Übersichtsplan* dafür als topographische Grundlage für das Blatt 1347 *Matterhorn* der *Landeskarte* 1:25 000 verwenden, das 1969 erstmals erschien. In der aktuellen Ausgabe von 2012 (**Abb. 51**) ist der Ostgipfel allerdings nur noch mit 4478 Meter kotiert. Der Westgipfel ist irrtümlicherweise immer noch als Triangulationspunkt 3. Ordnung und somit auf den Dezimeter genau wiedergegeben, obwohl beide Punkte 2005 zu kantonalen Lagefixpunkten deklassiert worden sind.

Siebzig Jahre nach ihrer Bestimmung wurde die ausgezeichnete Qualität der Höhen von 1930 mit einer völlig unabhängigen Messmethode bestätigt. Fritz Staudacher berichtete in seinem Beitrag *Matterhorn, Mt. Everest und Kilimandscharo: GPS-Neuvermessungen*, in: *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 98 (2000), Heft 5, S. 291–295: «Genau 4477,54 Meter hoch ist das Matterhorn – und bleibt mit der Eintragung von 4478 Metern in den Karten. Für die Neuvermessung des «schönsten Berges der Welt» hatte der italienische Geologieprofessor Giorgio Poretti im September 1999 erstmals ein GPS-Vermessungssystem auf den Gipfel gebracht und auch



auf Vermessungspunkten in den beiden Talseiten platziert. Zusätzlich wurden alle Punkte mit optischer Lasertriangulation vermessen.»

2013: Das digitale Matterhorn – swissALTI^{3D}

Der Eintritt der modernen Gesellschaft ins digitale Zeitalter bewirkte eine grosse Nachfrage von digitalen Geodaten. In der Schweiz, deren Landeskarten auf Papier Weltruf geniessen, setzte die Digitalisierung topographischer Daten im Vergleich zum Ausland relativ spät ein. Mitte der 1960er Jahre wurde unter Federführung der Gruppen für Rüstungsdienste (GRD) und für Generalstabdienste (GGST) der Datensatz RIMINI erfasst, ein regelmässiger Höhenraster mit einer Maschenweite von 250 Metern, der die Schweiz landesweit abdeckte (**Abb. 75 links**). Die Landestopographie begann erst 1984 mit der Erstellung des digitalen Höhenmodells DHM25, das eine Gitterweite von 25 Metern aufweist und in erster Version 1996 abgeschlossen wurde (**Abb. 75 Mitte**).

Seit Mitte 2013 ist der modernste landesweite Höhendatensatz swissALTI^{3D} verfügbar. Er wurde mit der sogenannten Stereokorrelation erstellt. Dieses Verfahren beruht auf der automatischen Ermittlung dreidimensionaler Koordinaten aller Bildpixel in digital erfassten Luftbildstreifen aus den Jahren 2008 bis 2011. Die Daten im Gebiet des Matterhorns wurden am 9. Juli 2009 erhoben. Innert fünf Minuten hatte das Vermessungsflugzeug die 44 Kilometer lange Fluglinie abgeflogen und den etwa 6 Kilometer breiten Bildstreifen mit einer Fläche von 295 Quadratkilometer aus einer Flughöhe von 7700 Metern über Meer aufgenommen. Da der lineare Bildscanner der Luftbildkamera ADS40 12 000 Pixel breit ist, beträgt die Seitenlänge eines Bildelements (Pixel) am Boden 50 cm. Die dabei anfallenden grossen Datenmengen werden direkt im Flugzeug auf einer Festplatte

Abb. 74: Ausschnitt aus der photogrammetrischen Auswertung *Matterhorn* im Massstab 1:25 000 von 1931 durch Photogrammeter Charles Bähler und Ingenieur-Topograph Karl Nussberger. In roter Tinte wird am unteren Blattrand zur roten Linie vermerkt: «Im Grenzstreifen 1:25 000 (Bl. 50) vorgeschlagene Landesgrenze (Wasserscheide), kombiniert aus den Auswertungskopien Zermatt & Arolla. 26.IV.1934» (swisstopo, LT LK OA 240).

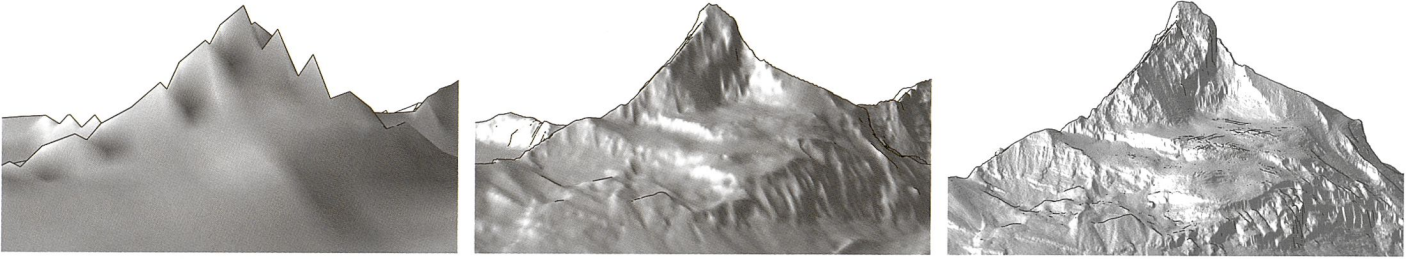


Abb. 75: Die Entwicklung der digitalen Höhenmodelle in der Schweiz, anhand von Perspektivansichten des Matterhorns visualisiert: Geländemodell RIMINI aus den 1960er-Jahren (Maschenweite 250 Meter, links), digitales Höhenmodell DHM25 um die Jahrtausendwende (25 Meter, Mitte), digitales Höhenmodell swissALTI^{3D} seit 2013 (2 Meter, nur schweizerisches Gebiet, rechts). Kombination einer Schräglightschattierung mit Silhouettenlinien. Der virtuelle Betrachter befindet sich auf dem rechten Basisendpunkt der terrestrischen Station 2449 (Abb. 72, rechtes Bild). (swisstopo, Berechnung Adrian Böhlen mit dem Programmsystem SCOP).

abgespeichert. Eine Spezialsoftware leitete daraus ein Höhenraster von zwei Metern Gitterweite ab (**Abb. 75 rechts**). Die gleichen Daten wurden zur Produktion des digitalen Orthophotomosaiks SWISS-IMAGE verwendet. Die neueste Version dieser landesweiten Luftbildkarte stammt beim Matterhorn vom 21. August 2013 09:14 Uhr (**Abb. 52**).

Die Punktdichte der amtlichen Höhenmodelle wurde somit innerhalb eines halben Jahrhunderts beträchtlich gesteigert, von 16 Punkten pro Quadratkilometer bei RIMINI über 1600 beim DHM25 auf 250000 bei swissALTI^{3D}. Doch wer meint, die Entwicklung sei damit wohl abgeschlossen, der irrt sich: Im Sommer 2013 wurde das Matterhorn bereits ein weiteres Mal dreidimensional vermessen, und wiederum mit einer neuartigen Technologie. Wie aus Emmanuel Barrauds Bericht *Le Cervin comme vous ne l'avez jamais vu* hervorgeht, wurden durch die Firma senseFly vier Flugroboter vom Typ «eBees» gestartet, die nach einer totalen Flugzeit von gegen sechs Stunden auf insgesamt elf Linien mit einer maximalen Flughöhe von 4707 Metern insgesamt 2188 Aufnahmen der Felspyramide machten und dabei als «elektronischer Bienenschwarm» eine Flugstrecke von zusammen 263.6 Kilometern zurücklegten. Anschliessend wurde diese Datenflut mit der Software der Firma Pix4D ausgewertet, was eine gigantische Punktwolke von gegen 300 Millionen Punkten ergab.

Auch wenn damit primär die Leistungsfähigkeit und das Zusammenspiel der verschiedenen Flugroboter in grosser Höhe und unter extremen Bedingungen getestet wurden, so stellt sich doch die Frage, ob eine solche Datendichte aus topographischer Sicht nötig ist. Genügte es vor 120 Jahren einem Xaver Imfeld, mit einem 375000stel davon die Topographie dieses schönen Berges eindrücklich und preiswürdig darzustellen, indem er durch intensive Beobachtung die charakteristischen Punkte identifizierte und sich auf deren Vermessung beschränkte, so ist heute die Individualität eines Gipfels in einer grossen Datenflut verborgen und muss mit spezieller Visualisierungssoftware sichtbar gemacht werden. Eines sollte uns trotz dieses grossen technologischen Wandels aber stets bewusst bleiben: Die Erhabenheit des Berges ist immer noch die gleiche wie schon zu de Saussures Zeiten...

Literatur:

- Bähler, Charles:** *Zur Höhenbestimmung des Matterhorns.* In: *Alpina. Mitteilungen des Schweizer Alpen-Club*, Bd. 29, Nr. 3, 15. März 1921, S. 52.
- Bähler, Charles:** *L'altitude du Cervin.* In: *L'Écho des Alpes*, 57. Jg., Nr. 4, 1921, S. 147–148.
- Barraud, Emmanuel:** *Le Cervin comme vous ne l'avez jamais vu.* In: EPFL (Hrsg.): *Flash. Journal interne d'information et d'opinion*, Nr. 18 (28.10.2013), S. 3.
- Exposition Nationale Suisse Genève 1896 (Hrsg.):** *Cartographie XX Groupe – Catalogue spécial.* Genève, 1896.
- Fibicher, Arthur:** *Walliser Geschichte.* Band 3.2. *Die Neuzeit: Personen und Lebensformen 16.–20. Jahrhundert.* Sitten, 1995.
- Gattlen, Anton (Hrsg.):** *Briefwechsel über die Triangulation des Wallis durch den Domherrn Berchtold und seinen Neffen Josef Anton Müller 1832–1844.* In: *Vallesia* 13 (1958), S. 17–117.
- Gattlen, Anton:** *Geschichte der Walliser Vermessung des Domherrn Berchtold und seines Neffen Josef Anton Müller.* In: *Vallesia* 14 (1959), S. 117–166.
- Giordano, Felice:** *Ascensione del Monte Cervino.* In: *Atti della Società italiana di Scienze naturali*, Bd. 11 (1868), Milano, 1868, S. 670–694 und Tafeln 6–8.
- Heer-Béatrix, Leo; Imfeld, Xaver:** *Projekt der Zermatter-Hochgebirgs-Bahnen Gornergrat und Matterhorn. Concessions-Gesuch von L. Heer-Béatrix in Biel und X. Imfeld.* Ingenieur in Zürich vom 22. August 1890. Biel, 1891.
- Hilfiker, Jakob:** *Untersuchung der Höhenverhältnisse der Schweiz im Anschluss an den Meereshorizont.* Bern, 1902.
- Imfeld, Xaver:** *Ueber Photogrammetrie.* In: *Schweizerische Bauzeitung* Bd. 21, Nr. 14 (8.4.1893), S. 87–91.
- Imhof, Eduard:** *Unsere Landeskarten und ihre weitere Entwicklung.* In: *Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik* 25 (1927), Heft 4, S. 81–178, 12 Tafeln.
- Jacot-Guillarmod, Charles:** *Quelle est l'altitude du Cervin?* In: *L'Écho des Alpes*, 48. Jg., Nr. 3, 1912, S. 99–108.
- Rickenbacher, Martin:** *Napoleons Karten der Schweiz. Landesvermessung als Machtfaktor 1798–1815.* Baden, 2011.
- Rickenbacher, Martin:** *Xaver Imfeld und das Eidgenössische Topographische Bureau 1876–1890.* In: *Geomatik Schweiz* 11 (2009), S. 549–554.
- Studer, Gottlieb:** *Ueber Eis und Schnee. Die höchsten Gipfel der Schweiz und die Geschichte ihrer Besteigung.* Bern, 1869–1883 (4 Bde.), hier Bde. 2 *Walliser-Alpen* (1870) und 4 *Supplementsband*. 2. Auflage, umgearbeitet und ergänzt von Adolf Wäber, Bern, 1896–1899 (3 Bde.), hier Bd. 2.
- Zölly, Hans:** *Les bases géodésiques des mensurations dans le Canton du Valais. Aperçu historique.* In: *Revue technique suisse des mensurations et améliorations foncières*, 31. Jg., Nr. 11 und 12, 1933, S. 283–289 und 305–320.