

Zeitschrift:	Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural
Herausgeber:	Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)
Band:	98 (2000)
Heft:	5
Artikel:	Matterhorn, Mt. Everest und Kilimandscharo : GPS-Neuvermessung
Autor:	Staudacher, F.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-235641

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: 27.01.2026

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

Matterhorn, Mt. Everest und Kilimandscharo: GPS-Neuvermessungen

Nach dem Mt. Everest und dem Kilimandscharo ist das Matterhorn der dritte Weltgipfel, der innerhalb des Globalen Positionierungs-Systems mit moderner GPS-Technologie neu vermessen wurde. Nun kennt man die Höhen zentimetergenau und kann Höhen- und Lageveränderungen genau verfolgen.

Après le Mont Everest et le Kilimandjaro, le Mont Cervin est le troisième sommet mondial qui, dans le cadre du système de positionnement global, a fait l'objet d'une nouvelle mensuration à l'aide de la technologie GPS moderne. A présent, on connaît leurs altitudes au cm près et l'on peut suivre avec précision leurs changements d'altitude et de situation.

Dopo l'Everest e il Kilimangiaro, il Cervino è la terza vetta la mondo a essere rimisurata con la moderna tecnologia GPS. Adesso si conosce con una precisione al centimetro l'altezza di queste cime, e si possono seguire esattamente i movimenti in altezza e posizione.

F. Staudacher

Matterhorn: 4477 Meter

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.

Die Matterhorn-Höhe stammt aus dem Jahre 1920. Vor genau 80 Jahren wurde der Zermatter Hausberg mit 4477,50 Meter gemessen und mit einer Höhe von 4478 m ü.M. in die Landeskarten eingetragen. Doch damals betrug die Messgenauigkeit der zeitaufwendigen optisch-mechanischen Triangulations-Technik auf diese Distanzen noch mehrere Dezimeter. Dank solchen die Ländergrenzen überschreitenden Vermessungsprojekten können neben einer höheren Genauigkeit auch Unterschiede zwischen Landes-

höhensystemen nachgewiesen und mittelfristig harmonisiert werden. In diesem hochalpinen Gebiet stellte Poretti zwischen den italienischen und schweizerischen Geoid-Daten eine «Grenztreppe» von 27 Zentimetern fest.

Kilimandscharo: 5892 Meter

Die mächtigste Erhebung des afrikanischen Kontinents trägt nun auch ein GPS-Mass: der höchste Kilimandscharo-Punkt, der Uhuru Peak, liegt genau 5892 Meter über Meer. Diese gegenüber den bisherigen

gen Karten um drei Meter niedrigere Höhenangabe ist das Resultat einer Vermessungsexpedition tansanischer und europäischer Experten der UCLAS Universität Daressalam, der Universität Karlsruhe und der Fachhochschule Karlsruhe/Hochschule für Technik.

Die Bekanntgabe der neuen Kilimandscharo-Höhe erfolgte nach übereinstimmender Auswertung der Messdaten durch drei unabhängige Teams am 25. November 1999 gleichzeitig an Pressekonferenzen in Daressalam (Tansania) und in Berlin durch John Saburi (Tansania) und Eberhard Messmer (Europa) sowie die beteiligten Experten.

Die Expeditions- und Messdauer im September 1999 erstreckte sich über insgesamt acht Tage. Während dieser gesamten Zeit registrierte eine in Moshi am südlichen Kilimandscharo-Fuss aufgestellte Leica GPS 500 Station permanent Daten. Hinzu kamen während des Gipfelaufstiegs und auf dem Gipfel selbst Messungen auf weiteren sechs Punkten, wobei die jeweilige Beobachtungsdauer zwischen 1,5 Stunden und 24 Stunden (für die Bestimmung der ITRF-Koordinaten) betrug. «Da auf dem Gipfel nicht eindeutig festzulegen war, welche Stelle die höchste gelegene ist, wurde auf einem festen Punkt ein Stativ mit einem Empfänger aufgestellt und mit einem mobilen Leica GPS-System 500 unterschiedliche Punkte eingemessen. Die Messdauer betrug hier im Stop-and-go-Modus lediglich eine Minute pro Punkt und war millimetergenau» erläutert Nikolas Angelakis,

Die höchsten Berge unserer sechs Kontinente

Kontinent	Höchster Berg	Höhe über Meer
Asien:	Mt. Everest	8846 Meter*
Amerika:	Aconcagua	6959 Meter**
Afrika:	Kilimandscharo	5892 Meter*
Antarktis:	Vinson Massiv	5140 Meter**
Europa:	Montblanc	4808 Meter**
Australien:	Mt. Kosciusko	2230 Meter**

* Vermessen mit Leica GPS 300/500 1992 bzw. 1999

** Vermessen mit Leica Theodoliten im 20. Jahrhundert

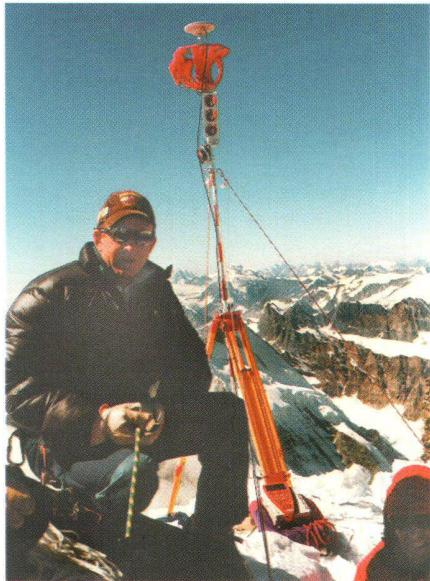


Abb. 1 und 2: Modernste GPS-Vermessungstechnologie und Lasermesstechnik bestätigen: das Matterhorn ist 4478 m hoch und nach wie vor tendenziell im Aufstieg. (Foto: Leica Geosystems.)

Mannshohe Treppen an der Landesgrenze

Dank neuer Vermessungstechnologien können Höhenunterschiede und Lagedifferenzen an den Landesgrenzen untersucht und in internationaler Abstimmung ausgeglichen werden. Innerhalb Deutschlands «stolpert» der Vermessungsfachmann zwischen den alten und neuen Bundesländern auch noch entlang des ehemaligen Eisernen Vorhangs über solche «Niveautreppen». Eine sogar mannshohe Treppe von 1,60 Meter besteht rechnerisch zwischen Belgien und Deutschland.

Die Meereshöhe und alle sich darauf beziehenden Höhenangaben des belgischen Vermessungswerkes wurde im letzten Jahrhundert bei Niedrigwasserstand definiert, die deutsche bei mittlerem Wasserstand. Hinzu kommen vor allem in Berggebieten geologisch bedingte Unterschiede des lokalen Schwerefeldes.

Gemäss den Matterhorn-Vermessungen Poretts beträgt die Höhendifferenz der lokalen Geoide (Erdform) der Schweiz und Italiens beim Matterhorn 27 Zentimeter. Das ist nicht viel, jedoch genügend, um beispielsweise bei grossen Baumassnahmen für Verwirrung zu sorgen und um eine Harmonisierung anzustreben.

«Die Schweizer Landestopographie hat in den letzten Jahren ein mustergültiges Geoid geschaffen, auf dessen Daten ich bei meinen Arbeiten ebenfalls zurückgreifen konnte», sagt Giorgio Poretti.

Spannungen im Alpenbogen

Fachleute gehen davon aus, dass der zentrale Alpenkamm nach wie vor wächst. Nachdem sie das Matterhorn aufgetürmt hat, scheint sich die afrikanische Kontinentalplatte nach wie vor unter die eurasischen Platte zu zwängen. Im Rhonetal, am Fusse der grandiosen Viertausender Zermatts, führen Schweizer Experten seit Jahrzehnten Nivellement-Messreihen durch, die eine kontinuierliche Anhebung des Gebietes von 1–2 Millimetern pro Jahr nachweisen. Gefährlich wird es, wenn sich solche Kräfte in Form von Erdbeben entladen. In Japan und Kalifornien sind deshalb Leica GPS-Systeme zur Erdbeben-Frühwarnung und zur automatischen Blockierung von Transportwegen und Versorgungsleitungen im Einsatz.

Auf politische Grenzen nehmen solche Urkräfte keine Rücksicht. Es ist deshalb gut, wenn auch die Landeshöhen- und Frühwarnsysteme im Alpenraum harmonisiert werden. Grenzüberschreitenden Forschungen gilt das Hauptaugenmerk des Triester Geologen Giorgio Poretti. Als erster hat er es geschafft, den Mt. Everest gleichzeitig von Tibet und Nepal aus mit modernster Technologie neu zu bestimmen. Am Alpenbogen ist er nicht nur an der schweizerisch-italienischen Grenze um Harmonisierung bemüht, sondern auch tausend Kilometer weiter östlich im slowenisch-italienisch-österreichischen Grenzgebiet. Doch damit Poretti mit jeweils modernsten Methoden grenzüberschreitend Höhen neu bestimmen kann, muss er meist vorher erst nationale politische Barrieren überwinden.



Abb. 3: Der Kilimandscharo ist ein erloschener Vulkan und misst an seiner höchsten Stelle, dem Uhuru Peak, 5892 Meter über Meer. (Foto: Eberhard Messmer.)



Abb. 4: Der zweithöchste Gipfelpunkt des «Berges des bösen Geistes» («Kilimandscharo» in Suaheli) wurde mit dem Leica GPS 500 System mit 5708 Meter über Meer bestimmt. (Foto: Eberhard Messmer.)

der im Rahmen seiner Diplomarbeit als Student der Fachhochschule Karlsruhe an dieser Expedition teilnahm.

Parallel zu den Messungen am Berg vermarkte und besetzte ein weiteres Team in der näheren Umgebung des heute erloschenen Vulkans Kilimandscharo zusätzliche Lage- und Höhenfestpunkte. Dabei wurde das tansanische Landesvermessungssystem an den ITRF (International Terrestrial Reference Frame) angebunden und ebenso die neue Höhenangabe des Kilimandscharo. Die hochpräzise ITRF-Positionenbestimmung der Punkte Moshi und

Himo am Fusse des Berges wurden durch Verbindungen zu den Permanentstationen Ascension Islands (westlich im Atlantik), Sutherlands und Hartebeesthoek (Südafrika), Malindi (Ostküste) und Seychellen (Indischer Ozean) ermittelt. Die geografischen Lagekoordinaten (B, L) und die ellipsoidische Höhe (h) des höchsten am Uhuru Peak gemessenen Punktes dienten als Basis zur Bestimmung der Geoidhöhe im Earth Geoid Model 96 (EGM96) und zur Berechnung der orthometrischen Höhe «über dem mittleren Meeresspiegel».

Expeditionsleiter Eberhard Messmer: «Hard- und Software der Leica GPS 500 Systeme entsprachen unseren hohen Genauigkeits- und Bedienbarkeitsanforderungen. Doch nicht jeder menschliche Organismus kommt mit der dünnen Luft über viertausend Meter zurecht und wird höhenkrank. Um kein Risiko einzugehen, hatten wir deshalb innerhalb eines Tages unsere fünf Bergführer so geschult, dass sie sogar als Nichtfachleute in der Lage gewesen wären, ohne uns die Vermessungen auf dem Gipfel zuverlässig durchzuführen. In jeder Situation konnten wir uns auf diese Geräte verlassen – eine Grundvoraussetzung der Vermessung nicht nur bei solchen Expeditionen.»

Mit dem Mt. Everest und dem Kilimandscharo wurden in diesem Jahrzehnt nun die höchsten Erhebungen der beiden Kontinente Asien und Afrika erstmals mit der Technologie des Globalen Positionierungs-Systems bestimmt. In beiden Fällen erfolgten diese «GPS-Erstbesteigungen» mit Systemen von Leica Geosystems – auf dem Mt. Everest war es 1992 das System 300 und nun auf dem Kilimandscharo sieben Jahre später das noch genauere und leichtere GPS 500.

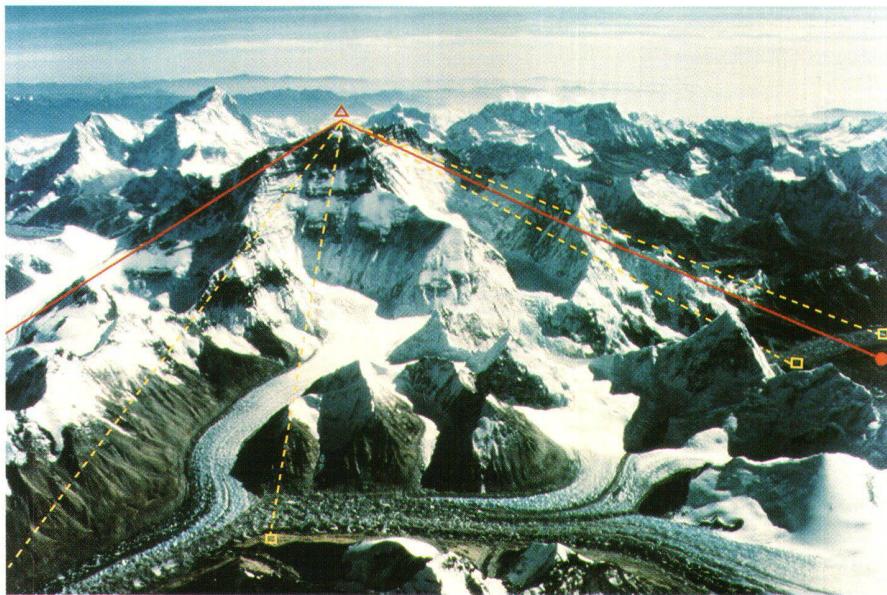


Abb. 5: Mt. Everest: Messkampagne 1992. (Foto: Leica Geosystems.)

Fritz Staudacher
Fahrgasse 12
CH-9443 Widnau

Campagne de mesures Italo-Suisse au Cervin

Le 14 janvier 2000, la nouvelle tombe: le Cervin mesure exactement 4477,54 m.

Plus personne ne présente aujourd'hui le professeur Giorgio Poretti, éminent géologue, qui participa en 1987 à la campagne de remesure du Mont Everest lors de cette fameuse polémique affirmant que le K2 pouvait être finalement le plus haut sommet du monde.

Le Professeur Giorgio Poretti, responsable d'une équipe de topographes, était de nouveau mandaté dans le cadre d'un projet italien couvrant de multiples facettes géolo-giques et géodésiques.

Le mandat

L'Université italienne de Padua avec son Département de Constructions et Transport organisa une campagne de mensuration dans laquelle une nouvelle altitude de notre Cervin national allait être déterminée. Cette campagne eu lieu la deuxième semaine de septembre 1999 et fut organisée en deux volets: d'une part de manière traditionnelle avec mesure de distances et de séries, d'autre part de manière plus technologique avec mesures GPS.

Cette campagne était coordonnée par l'Université elle-même en collaboration avec le laboratoire géomatique de l'Université de Trieste et l'Institut Géographique Militaire d'Italie.

L'organisation de la campagne

Côté Italie, coordonné par le professeur Giorgio Poretti, l'Université de Padua mis à disposition deux topographes expérimentés afin de stationner les instruments de mesures au sommet du Cervin. L'Université de Trieste mis à disposition le théodolite, le distance-mètre et trois à cinq stations GPS du nouveau Système 500 de Leica Geosystems pendant cette semaine de

mesures sur le côté italien. Du côté Suisse, Leica Geosystems elle-même mis à disposition une station GPS, un théodolite et un distance-mètre.

L'Institut Géographique Militaire d'Italie s'occupa des mesures locales à Cervinia. Un critère était bien entendu de pratiquer des mesures simultanées en Suisse et en Italie à partir de points connus dans les systèmes géodésiques existants et avec une référence sur le géoïde.

Parmi les nombreux buts à atteindre dans cette campagne de mesure, nous pouvons citer:

- la détermination d'une nouvelle altitude du Cervin résultant d'une part à la tectonique des plaques, d'autre part à la nouvelle technologie des mesures;
- la collection de données permettant de déterminer le coefficient de réfraction atmosphérique;
- étudier les prévisions du temps à partir des anomalies du GPS en région de montagne;
- déterminer le bruit sur les mesures GPS en mode cinématique à cette altitude qui va permettre de déterminer une précision pour la gravimétrie, la photogrammétrie, le balayage par laser, etc...

Les Mesures

Après une mise en place complète par Leica Geosystems SA, les mesures GPS et terrestres purent commencer. Tout d'abord une ligne de base fut mesurée et déterminée entre un point fixe du système de coordonnées italien à Cervinia et un point fixe du système de coordonnées suisse CH03⁺ à Zermatt. Le géomètre conservateur de Zermatt, Monsieur Klaus Aufdenplatten, collabora de manière étroite à cette campagne de mesure.

Une première session de trois heures de meures GPS s'effectuèrent de ma-

nière statique avec une station de référence du nouveau système GPS500 de Leica Geosystems sur un point MO95 à Zermatt.

Cette session permettra de déterminer une première base entre les deux systèmes de coordonnées cités ci-dessus. Le lendemain seulement, pour des raisons météorologiques, les mesures terrestres purent enfin être effectuées en Suisse avec un T2000 doté d'un distancemètre DIOR DI3002S, puisque les distances à mesurer dépassaient les 8 km.

Une deuxième session de quatre heures liant le point MO95 de Zermatt au sommet du Cervin suivit les mesures de séries et de distances au sommet.

Conclusion

Le Cervin était le 3^{ème} sommet mondial à avoir été mesurer dans un système de positionnement global avec la nouvelle technologie GPS. Nous connaissons maintenant l'altitude du Cervin au centimètre près. Les dernières mesures effectuées en 1920 donnaient 4477,50 m.

L'altitude géographique publiée sur nos cartes de géographie ne changera donc pas. Ces mesures permirent à G. Poretti de déterminer, dans cette région alpine, une différence de 27 centimètres entre les géoides suisse et italien.

GPS-Vermessung mit Millimeter-Präzision

Was einst vom amerikanischen Verteidigungsministerium (DoD) als Satelliten-Navigationssystem mit Genauigkeiten im Meterbereich geplant war, ist in wenigen Jahren zur Millimeter-Präzisionstechnologie geworden.

Die Grosszügigkeit der Amerikaner, einen Teil der von den Navstar-GPS-Satelliten ausgestrahlten Mikrowellensignale und Codes weltweit jedermann zugänglich zu machen, erweist sich mehr und mehr als einer der technologischen Glücksfälle unserer Epoche mit weltweit sehr positiven ökologischen und ökonomischen Auswirkungen. Dies nicht nur für die sichere Navigation von Schiffen, Flugzeugen und Baustellenfahrzeugen (z.B. auf den Berliner Baustellen) oder zum Nutzen der immer öfters in Autos eingebauten GPS-Navigationssysteme. Mit dieser grosszügigen Nutzungs freigabe entwickelte sich eine partnerschaftliche Zusammenarbeit der Behörde mit Wissenschaftlern und Unternehmen. Bald gelang es, auch aus den freigegebenen Signalen weit genauere dreidimensionale Positionsangaben zu gewinnen als den Meter oder Dezimeter.

Als führende Pioniere in diesem Bereich gelten die im kalifornischen Torrance und im schweizerischen Heerbrugg domizilierten GPS-Entwicklungsabteilungen der Leica Geosystems. Schon 1987, als der Welt erstes zentimetergenaues tragbares GPS-Vermessungssystem – das Leica WM 101 – auf den Markt kam, zeichnete sich für Insider diese Revolution ab, obwohl damals erst die Hälfte der heute 27 Navstar-GPS-Satelliten um die Erde kreisten. Dank seiner Kompaktheit und Robustheit erlaubte es dieses GPS-Vermessungsgerät erstmals, es bis an den Kordia-Gletscherplatz unter dem K2 bis auf fünftausend Metern Höhe mitzunehmen und damit Positionen zu bestimmen. Der Nachfolger – das Leica System GPS 300 – schaffte es dann im September 1992 in der grossen Jahrhundertvermessung auf den Mt. Everest-Gipfel. Und die neueste Generation, das Leica GPS System 500, auf die Kilmandscharo- und Matterhorn-Gipfel. Im DGPS-Verfahren lassen sich damit Positionsunterschiede zwischen zwei Stationen auf den Millimeter genau bestimmen. Und all dies mit Mik-

rowellensignalen, die von den 27 Navstar-GPS-Satelliten aus einer Umlaufbahn in 20 200 Kilometern über der Erde ausgestrahlt werden. Jeder dieser Satelliten umkreist die Erde auf einer genau bekannten Bahn zweimal täglich. Werden diese Signale empfangen, so weiß man auf Nanosekunden genau, wo der Satellit gerade ist. Nach der Methode der Triangulation rechnet die Leica Software in Echtzeit die Signale von gleichzeitig sechs oder mehr Satelliten in millimetergenaue Koordinaten um.

Mit dieser Präzision der Leica GPS-Systeme kann man nicht nur Erdbeben-Bruchzonen überwachen (z.B. in Hokkaido), Brückenbaustellen koordinieren (z.B. am Öresund) und neue Katasterpläne erstellen (z.B. Berlin Potsdamer Platz), sondern auch Saatgutmaschinen und Straßenbau-Planierraupen automatisch steuern. Ge spannt wartet die Fachwelt auch auf den ersten GPS-Silizium/Germanium-Chip, welchen IBM und Leica Geosystems gemeinsam für breite Anwendungsgebiete entwickeln.

**Die
Geschenk-
idee!**

**1 Jahres-Abo nement
unserer Fachzeitschrift**

**Vermessung
Photogrammetrie
Kulturtechnik**

Möchten Sie Ihren Mitarbeitern,
Ihren Verwandten oder Freunden
eine Freude bereiten?
Dann rufen Sie uns für ein
Geschenkabonnement an.

12 mal jährlich informiert unsere
Fachzeitschrift ausführlich und
informativ über

- Vermessung
- Photogrammetrie
- Kulturtechnik
- Raumplanung
- Umweltschutz und
- Geo-Informationssysteme.

SIGWERB AG
Dorf mattenstrasse 26, 5612 Villmergen
Telefon 056 / 619 52 52
Telefax 056 / 619 52 50