

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: - (1992)
Heft: 14

Artikel: Das Geoid der Schweiz, auf den Zentimeter genau
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-967824>

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: 29.01.2026

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

Das Geoid der Schweiz, auf den Zentimeter genau

Den Nullpunkt aller Höhenmessungen bildet nicht der Meeresspiegel, sondern das «Geoid»: eine gedachte Erdoberfläche, als ob unser Planet gleichmässig von einem riesigen Ozean bedeckt wäre. Aber auch dieser Ozean ist nicht ganz eben – vor allem nicht über der Schweiz.

Matterhorn: 4478 Meter ü.M. Die Abkürzung bedeutet, wie jeder weiss: «über dem Meeresspiegel», denn der dient als Referenz für alle Höhenangaben. Doch ganz so einfach ist die Sache nicht, denn der Ozean hat keine ebene Oberfläche, und auch seine Krümmung ist nicht gleichmässig. Wäre sie es, dann müsste Ceylon unter den Fluten des Indischen Ozeans verschwinden, während Island stark an Territorium gewönne. Die Meere haben also auch eine Art Profil, und das liegt weniger an Strömungen und Gezeiten als an der Form der Erde selbst: unser Planet ähnelt eher einer zerbeulten Kartoffel, ausserdem ist er von einer sehr inhomogenen Gesteinshülle umgeben – mit einerseits imposanten Gebirgen und andererseits tiefen Unterwassergräben.

Wie Isaac Newton gezeigt hat, zieht die Materie Materie an. Nach diesem Prinzip verformt die Struktur der Erdkruste die Oberfläche der Ozeane. Die Kette der Unterwasservulkane von Hawaii zum Beispiel – eine beachtliche Masse am Meeresboden – zieht das Wasser der umliegenden Regionen an, was zu einer Wölbung des Pazifik über dieser Stelle führt.

Nun werden die Dinge dadurch noch komplizierter, dass die Erdkugel an den beiden Polen um etwa 21 Kilometer abgeflacht ist. Deswegen lässt sich die Höhe eines geographischen Punktes unmöglich als Abstand von der Erdmitte definieren. Denn sonst könnte sich der Mississippi kaum in den Golf von Mexiko ergiessen, da seine Quelle dem Mittelpunkt der Erde näher ist als seine Mündung.

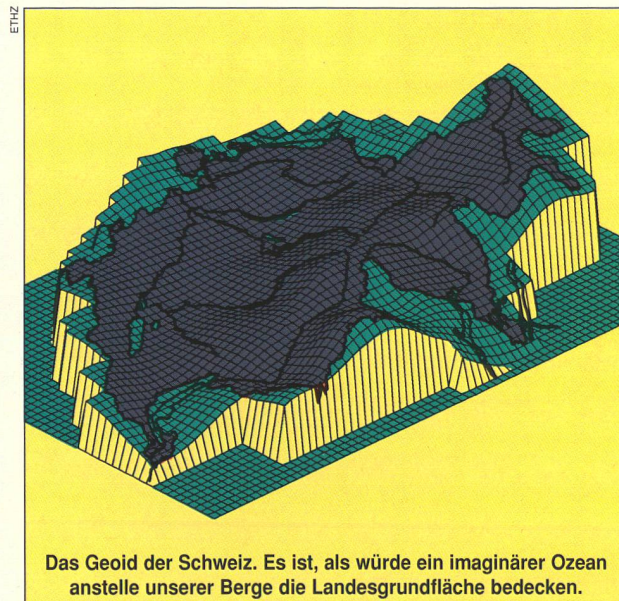
Wie also kann man unter diesen Umständen die Höhe des Matterhorns mit Hilfe einfacher Triangulationsmessungen feststellen, zumal in einem Land ohne Meer

wie die Schweiz? Die Wissenschaftler haben die Lösung gefunden, indem sie als Ausgangsbasis der Höhenmessungen gar nicht wirklich den Meeresspiegel nehmen, sondern eine theoretische Oberfläche, die auf den Ozeanen liegt und unter den Kontinenten fortgesetzt gedacht wird. Diese Oberfläche heisst «Geoid». Sie verläuft so, wie wenn die ganze Erde von einem einzigen Ozean bedeckt wäre; es gibt kein Relief mehr, wohl aber wirken noch die Anziehungskräfte der festen auf die flüssigen Massen. Daher besitzt auch das Geoid Wölbungen und Beulen, ganz wie die wirklichen Meere.

Diese Hebungen und Senkungen lassen sich übrigens mit sehr einfachen Messinstrumenten zeigen: die Wasseroberfläche folgt genau dem Verlauf des Geoids; ein Bleilot gibt die «Vertikale» an, die immer rechtwinklig zum Geoid steht (aber nicht unbedingt zum Erdmittelpunkt zeigt); das Gravimeter schliesslich misst die Stärke der Erdanziehungskraft an einem bestimmten Punkt.

Dank verschiedener Satelliten haben die Geophysiker während der letzten dreissig Jahre verschiedene Geoiden entworfen. Die

NASA ist mittlerweile bei ihrem dreizehnten Modell angelangt. Das «GEM-T3» ähnelt einer Kartoffel mit Anschwellungen in der Gegend des afrikanischen und amerikanischen Kontinents. Die Universität von Ohio hat indessen das genaueste Geoid, das «OSU 89», erzeugt. Doch wenngleich diese Globalmodelle in Bezug auf die gesamte Erde durchaus zufriedenstellend sind, so können sie doch auf der Ebene eines einzelnen Landes nicht genügen. Beim OSU 89 erscheint beispielsweise der «Ozean», der die Schweiz «bedeckt», vollkommen eben –



Das Geoid der Schweiz. Es ist, als würde ein imaginärer Ozean anstelle unserer Berge die Landesgrundfläche bedecken.

als ob die enorme Masse der Alpen keinerlei Einfluss hätte.


Aus diesem Grund hat die Gruppe von Prof. Hans-Gert Kahle am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich bereits drei schweizerische Geoiden ausgearbeitet: 1974, 1978 und 1990. Das jüngste Modell gewährleistet Höhenangaben mit einer Abweichung von nur zehn Zentimetern, während sie bei den planetarischen Geoiden mehr als einen Meter beträgt. Und wie nicht anders zu erwarten, beulen die Alpen den imaginären Ozean um mehrere Meter aus. Zwischen Genf und Chur variiert das Geoid sogar um sechs Meter. Und das Tessin erscheint geradezu als Steilhang.

Die neuen Satelliten sind in der Lage, diese Ergebnisse sogar noch zu übertreffen. Die ETH-Forscher arbeiten daher an einem Geoid für 1995, dessen Verlauf zentimetergenau angegeben werden kann. Zu diesem Zweck vereinigten sie schon die Messungen der schweizerischen Kommissionen für Geophysik und für Geodäsie sowie des Bundesamtes für Landestopographie. Ausserdem waren sie monatelang «im Feld» und führten Messungen der Gravitation sowie der Vertikalabweichung in den Alpen, im Tessin und in Norditalien aus. Diese Gegend ist in geologischer Hinsicht nämlich besonders interessant: unter ihr liegt eine enorme Masse von ausserordentlicher Dichte

– dreihundert Kilometer lang und zwanzig breit. Dieser sogenannte «Ivrea-Körper» beeinflusst stark das Geoid im Süden – und erklärt dessen enorme Neigung im Tessin.

Insgesamt handelt es sich um Tausende von Daten, die in den Computer eingegeben werden: 3000 Punkte wurden allein für die Schwerkraftmessung ausgewählt, 500 für die Bestimmung der Vertikalen und 200 für eine genaue Positionsbestimmung per Satellit.

Aber wozu braucht man überhaupt ein superpräzises Geoid? Navigatoren, Tunnelbauer, Wasserbauingenieure – sie alle benutzen, jetzt schon oder demnächst, Satelliten zur Positionsbestimmung ihres Schiffs, zur Ausrichtung einer neuen Bergdurchquerung oder um die geeignetste Trasse für einen Kanal festzulegen. Die Satelliten des amerikanischen Positionierungssystems «GPS» liefern Positionsangaben auf der Erdoberfläche mit einer Abweichung von nur wenigen Millimetern auf zwanzig Kilometer. Doch der Satellit gibt nicht genau die Höhe eines Punktes an, sondern ermöglicht nur, die Distanz des Punktes von der Erdmitte zu berechnen.

Um aber beispielsweise die Höhe des Matterhorns angeben zu können, muss man wissen, wo das Geoid den Bergsockel schneidet. Je genauer man das weiss, desto genauer fällt dann auch die Höhenangabe aus. 

Das Geoid aus Satellitenperspektive

Um die genaue Höhe des Geoids unter einem bestimmten Punkt (hier unter einem Berggipfel) zu bestimmen, haben die ETH-Ingenieure das amerikanische Satelliten-Positionsbestimmungssystem GPS (Global Positioning System) verwendet, wie es auch Seefahrer oder die Teilnehmer des Autorennens Paris-Dakar tun.

Ein mit einem Portable-Computer verbundener kleiner Empfänger errechnet zunächst anhand der Signale von mehreren Satelliten (der Einfachheit halber ist auf der Zeichnung nur ein Satellit, lotrecht über dem Berg, dargestellt) die Distanz zwischen dem Punkt, wo sich das Gerät befindet (Gipfel) und dem Orbit des Satelliten (A).

Dieser Orbit ist bekannt, genauer: seine Position in bezug auf ein glattes, ebenmässiges Modell der Erdoberfläche – das Ellipsoid (B). Durch Subtraktion erhält man die Entfernung zwischen Gipfel und Ellipsoid (C). Mit Schwerkraft- und Nivellierungsmessgeräten bestimmt man sodann die Distanz zwischen Gipfel und Geoid (D). Schliesslich wird D von C abgezogen und man erhält die Höhe des Geoids im Verhältnis zum Ellipsoid (E).

