

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 10 (1965)
Heft: 92

Artikel: Satellitengeodäsie
Autor: Schürer, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900052>

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: 08.02.2025

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

SATELLITENGEODÄSIE

von M. SCHÜRER, Bern

Die Satellitentechnik hat auf den verschiedensten Gebieten revolutionierend gewirkt, darunter auch in der Geodäsie. Die Erdvermessung beruhte bisher auf Triangulationen, die ausschliesslich Punkte der Erdoberfläche enthielten, vorzugsweise möglichst hoch gelegene. Man mass in jedem Punkt die Winkel zwischen den Blickrichtungen nach den benachbarten Punkten und berechnete daraus sowie aus den Längen einiger weniger Basisstrecken Dreiecks-Netze über Länder und ganze Kontinente hin. Die Weltmeere aber bildeten bei diesem Vorgehen fast unüberwindliche Hindernisse. Die Triangulationen verschiedener Kontinente konnten nicht oder nur unsicher miteinander verbunden werden. Die Form und Grösse der Erde als Ganzes war nur schwer bestimmbar. (Wir meinen streng genommen die Form und Grösse des Geoides, einer Fläche, die mit der Meeresoberfläche – und ihrer gedachten Fortsetzung unter den Kontinenten hindurch – zusammenfällt.) 1946 schlug der finnische Astronom Väisälä vor, für die Triangulation Raketen zu benutzen, die von weit auseinanderliegenden Punkten zu beobachten wären und daher diese geometrisch miteinander verknüpfen könnten. In globalem Ausmass wird dieser Gedanke nun mit Hilfe künstlicher Satelliten verwirklicht.

Das Prinzip der neuen Methode kann etwa folgendermassen erläutert werden: Von zwei Punkten A und B, deren Lage auf einer angenäherten Erdoberfläche bekannt sein muss, werden die Richtungen nach einem Satelliten gleichzeitig beobachtet; damit ist seine momentane Position im Raum bestimmt. Von X aus, einem Punkte, dessen Lage relativ zu A und B noch unbekannt ist, wird ebenfalls gleichzeitig der Satellit anvisiert. Verfolgt man nun diesen Sehstrahl rückwärts vom Satelliten aus, dann ist sein Schnittpunkt mit der Erdoberfläche der gesuchte Punkt X. Will man keine Voraussetzung über die Lage der Erdoberfläche machen, so kann man von A und B aus einen zweiten Punkt der Satellitenbahn bestimmen, der ebenfalls von X aus zu beobachten ist. X findet man dann als Schnittpunkt der von den beiden Satellitenpunkten aus gezogenen umgekehrten Visierstrahlen. Man spricht in diesem Falle von einer dreidimensionalen Triangulation, obschon streng genommen auch die bisher übliche Triangulation die dritte Dimension nicht entbehren konnte.

Die momentanen Richtungen nach dem Satelliten werden in der Regel durch Anschluss an die umliegenden Sterne photographisch bestimmt und werden dementsprechend in Rektaszension und Deklination an-

gegeben. Eine Schwierigkeit bietet die Markierung der Position des Satelliten. Da er sich mit grosser Geschwindigkeit (6-7 km/sec) bewegt, müssen die Messungen von A, B und X aus entweder genau gleichzeitig angestellt werden, oder doch so, dass der Ort zu einem gemeinsamen Zeitpunkt aus verschiedenen Beobachtungen entlang der Bahn präzise interpoliert werden kann.

Die Positionsbestimmung kann, vor allem wegen der Luftunruhe, kaum wesentlich genauer als auf 1" erfolgen. Befindet sich der Satellit etwa in einer Entfernung von 1000 km vom Beobachter, so bedeutet der Richtungsfehler von 1" einen linearen Fehler von 5 m. Der Satellit legt diese 5 m in weniger als einer Millisekunde zurück. Soll die Genauigkeit der Positionsbestimmung wirklich ausgenutzt werden, so muss also der Zeitpunkt der Beobachtung auf mindestens eine Tausendstel Sekunde bekannt sein.

Zur Markierung und zeitlichen Festlegung einzelner Punkte der scheinbaren Satellitenbahn sind die verschiedensten Methoden vorgeschlagen worden. Am einfachsten ist wohl das Arbeiten mit rotierenden Blenden, die die Satellitenspur in periodischen Abständen unterbrechen. Bei grösseren Instrumenten, wie z.B. unserer Schmidtkamera in Zimmerwald, ist dies aber mit technischen Schwierigkeiten verbunden. Wir werden versuchen, die Satellitenspur durch periodische Verschiebungen der Kassette sprunghaft um etwa 1/10 mm zu versetzen. Die Zeitpunkte der Versetzungen sollen zusammen mit den Neuenburger Zeitzeichen elektronisch registriert werden.

Um exakte Gleichzeitigkeit der Beobachtungen zu garantieren, wurde im Herbst 1962 in Amerika ein «ANNA» genannter geodätischer Satellit gestartet, in welchem von der Erde aus Lichtblitze ausgelöst wurden. Genaue Zeitbestimmung solcher Blitze ist nicht notwendig, da sie ja von allen Stationen gleichzeitig gesehen werden (abgesehen von der Ausbreitungszeit des Lichts). Jeder Lichtblitz fixiert einen Ort des Satelliten in seiner Bahn. Es ist beabsichtigt, noch dieses Jahr einen ähnlichen Satelliten für geodätische Zwecke zu starten; er wird «GEOS» heissen.

Bei den Beobachtungen wird meistens die Kamera den Sternen nachgeführt. Man kann aber auch mit feststehenden Apparaten arbeiten oder mit solchen, die der Bewegung des Satelliten nachgeführt werden. Die letzteren haben den Vorteil, dass auch schwächere Satelliten verfolgt werden können, da sie sich während längerer Zeit punktförmig auf der Platte abbilden, während in diesem Fall die Sterne natürlich Strichspuren hinterlassen. Daneben sind noch ganz andere Methoden entwickelt worden. Sie beruhen z.B. auf der Messung des Dopplereffektes von Radiosignalen, die im Satelliten erzeugt werden, auf elektronischen Distanzmessungen oder auf dem Laserprinzip. Wir können hier nicht darauf eintreten.

Wir haben gesehen, dass wir die Position eines Satelliten bestenfalls auf einige Meter genau bestimmen können. Mindestens so gross wird dann natürlich auch die Unsicherheit in der Lage des Punktes X, und wir müssen uns fragen, welchen Zwecken die Satellitengeodäsie wirklich dienen kann. Die Triangulation eines kleinen Landes, wie der Schweiz, kann mit ihr nicht verbessert werden, höchstens diejenige eines ganzen Kontinents. Ihre wichtigste Aufgabe ist die Verbindung der Kontinente miteinander und der Anschluss von Inseln an Kontinente. Internationale Zusammenarbeit ist unbedingtes Erfordernis. Eine Kommission der Internationalen Assoziation für Geodäsie hat deshalb die Organisation und Planung der Beobachtungen an die Hand genommen. Die Schweizerische Geodätische Kommission hat ihre Bereitschaft zur Zusammenarbeit erklärt, und die Sternwarte Zimmerwald wird für sie die Beobachtungen durchzuführen haben. Es wird aber noch recht viel Zeit vergehen, bis über Resultate berichtet werden kann.

Wir haben bisher unser Problem rein geometrisch betrachtet. Die Bahn des Satelliten war belanglos, wenn sie ihn nur an Orte führte, die sich als momentane Triangulations-Fixpunkte eigneten. Nun ist aber auch die Bahnform eines Satelliten geodätisch von Bedeutung. Der Satellit stellt einen Probekörper dar, der sich unter dem Einfluss des Gravitationsfeldes der Erde bewegt, und umgekehrt verrät uns seine Bewegung etwas über das Gravitationsfeld. Wäre die Erde kugelsymmetrisch aufgebaut und ohne Atmosphäre, und könnten wir von den störenden Einflüssen von Mond und Sonne absehen, so würde jeder Satellit um die Erde eine reine Keplerellipse beschreiben. Die Abplattung der Erde, der Luftwiderstand, die störenden Anziehungen von Sonne und Mond und der Druck der Sonnenstrahlung modifizieren jedoch die Bahn, und man kann aus ihren Aenderungen auf die störenden Kräfte schliessen. Setzt man all diese Kräfte ausser den durch die Abplattung der Erde hervorgerufenen als bekannt voraus und berücksichtigt sie, so kann man die Abplattung aus den Reststörungen berechnen. Der Aequatorwulst der Erde bewirkt in erster Linie eine Präzession der Satellitenbahn. Die Bahnebene bleibt im Raume nicht fest, sondern dreht sich langsam rückwärts um die Erdachse. Ebenso dreht sich im allgemeinen die Apsidenlinie der Bahnellipse. Es sind dies sehr merkbare kontinuierliche Verschiebungen von mehreren Grad pro Tag, und ihre Bestimmung erlaubt eine viel genauere Berechnung der Erdabplattung als bisher möglich war.

Die Arbeiten auf dem Gebiete der dynamischen Methode sind, im Gegensatz zu der Satellitengradmessung, schon sehr weit fortgeschritten und haben wesentlich zur Verbesserung der Kenntnis der Erdimensionen beigetragen. Sie sind denn auch der Hauptgrund dafür, dass man in der Internationalen Astronomischen Union letztes Jahr eine

neue Vereinbarung über die zu verwendenden Grössen getroffen hat. Offiziell lauten heute diese Werte :

Erdäquatorradius	6 378 160 m	(6378388)
Abplattung	1/298.25	(1/297)

(in Klammern die bisher gültigen Zahlen).

Es wurde aber auch gezeigt, dass ein abgeplattetes Rotationsellipsoid für die Erde nur eine erste Näherung darstellt und Abweichungen von dieser Idealform vorkommen. So ist beispielsweise der Erdradius zum Nordpol etwa 30 m grösser als derjenige zum Südpol. Die Erde deshalb als birnenförmig zu bezeichnen, ist aber zum mindesten übertrieben und könnte leicht falsche Vorstellungen erwecken. Die Abplattung macht ja einige hundertmal mehr aus. Sehr wahrscheinlich ist auch der Aequatorschnitt der Erde kein Kreis, sondern eine Ellipse, deren eine Achse etwa 200-400 m länger sein mag als die andere. Vor allem verursachen die Kontinente mit ihren Gebirgszügen und die Meere mit ihrer niedrigeren Dichte Abweichungen des Geoides von einer einfachen mathematischen Fläche. Die Hauptaufgabe der dynamischen Methode der Satellitengeodäsie besteht gegenwärtig in einer genaueren und detaillierteren Bestimmung dieser Abweichungen.

Zum Schluss möchten wir doch noch bemerken, dass die Satellitengeodäsie eigentlich nicht neu ist. Astronomen und Geodäten haben unsern natürlichen Satelliten, den Mond, schon längst und mit ganz ähnlichen Methoden für geodätische Zwecke benutzt. Dabei boten Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen besonders gute Gelegenheiten, den exakten Mondort zu bestimmen.

Adresse des Verfassers :

Prof. Dr. M. SCHÜRER, Direktor des Astronomischen Institutes der Universität, Sidlerstrasse 5, 3000 Bern.