

LORÁND EÖTVÖS UND DIE MODERNE SCHWEREGRADIOMETRIE

Erik W. Grafarend

(Zusammenfassung des Vortrags aus Anlass der Verleihung des 5. Ungarischen Humboldt-Preises am 13. Juni 2009, Semmelweis-Universität, Budapest)

Die Gradiometrie ist ein Gebiet, welches Loránd Eötvös mit seiner Eötvös'schen Drehwaage und seinen Experimenten zum Äquivalenzprinzip von schwerer und träger Masse, von aktiver und passiver Masse, ungeheuer stark beeinflusst hat. Die Geodäten sagen heute „terrestrische Gradiometrie“ da heute die neuartigen Experimente zur Gradiometrie von Satelliten durchgeführt werden, die der hochgenauen Erforschung von globalen Schwereänderungen dienen. In den Geowissenschaften sprechen wir heute von Satellitengradiometrie, Gegenstand des Vortrages waren die GOCE-Satelliten (GOCE : Gravity and Steady-state Ocean Circulation Explorer).

Verweilen noch kurz bei der terrestrischen Gradiometrie. In seinem Beitrag „Three Fundamental Papers of Loránd Eötvös“ publiziert vom „Loránd Eötvös Geophysical Institute of Hungary“, schildert Zoltán Szabó als Herausgeber die außerordentliche Bedeutung des weltweit berühmten Naturwissenschaftlers, insbesondere des „Curvature Variometers“ von 1890, speziell des horizontalen Variometers, der ersten Drehwaage und der beiden Drehwaagen von 1898 („einzelne Drehwaage“) und von 1902 („doppelte Drehwaage“). Erwähnenswert sind die gradiometrischen Messungen auf dem zugefrorenen Balaton-See, ein Testgebiet für geodätische singuläre Punkte, sog. parabolische Punkte, des Schwerepotentials. Verbesserte Versionen der epochemachenden Drehwaage von 1908 und des dreifachen Krümmungsvariometers von 1909 wurden im Jahre 1911 zur Analyse eines Erdbebens im Gebiet von Kecskemét verwendet. Sie begeisterten Albert Einstein, der 1915 den Grundstein seiner geometrischen Analyse der Gravitationstheorie, auch Einstein'sche Relativitätstheorie genannt, auf der Basis einer Krümmungstheorie legte. Neuerdings haben drei wichtige Arbeiten von Loránd Eötvös aus den Jahren 1896, 1920 und 1922 (Eötvös, Pekar und Fekete) Fischbach, Gilles, Krause, Schwan und Talmadge (1996, 793 Referenzen) und Fischbach und Talmadge (1999, review) zur Hypothese einer fünften Kraft geführt, ein zentrales Thema unserer Zeit, welches beispielsweise vom Geodäten Groten (1988) untersucht wurde.

Hier müssen wir die gegenwärtigen Arbeiten von unseren Kollegen Gábor Papp und János Kalmár (1996), Gyula Tóth (2002, a,b), Gyula Tóth, Szabolcs Rózsa, József Ádám und Ilias Tsiavos (2002), Gyula Tóth, Loránd Földváry und Ilias Tsiavos (2007) und Rebecca Bell (1998), Martin van Gelderen und Reiner Rummel (2001) besonders würdigen, die auf der Basis der „sphärischen horizontalen gradiometrischen Randwertaufgabe von Eötvös“ das Kernproblem der gradiometrischen Kernaufgabe, bestehend aus vier Elementen der Messungen in einem Horizontsystem als Referenz, elegant lösten. Dazu war die hochgenaue Vermessung des gesamten Gebietes von Ungarn - mehr als 10000 Punkte einer verbesserten Version des Eötvös Doppelpendels - erforderlich und mit anschließender aufwändiger Datenverarbeitung zu bewältigen. Heute gilt das Land Ungarn weltweit als ein bestvermessenes Gebiet mit gradiometrischen Daten. Die aufwändigen Messungen wurden vom Geodätischen Institut der Technischen Universität Budapest und vom Geodätischen und Geophysikalischen Forschungsinstitut in Sopron durchgeführt und erreichten eine Genauigkeit von besser als 1mE (milli-Eötvös: Standard-Einheit der Gradiometrie). Hier empfehle ich zum vertieften Studium den ausgezeichneten Übersichtsbeitrag über den Naturwissenschaftler Loránd Eötvös von Zoltán Szabó in den ungarischen „Humboldt-Nachrichten“, Nummer 14, Dezember 1998, zum 150-jährigen Geburtsjubiläum.

Es muss zum Ausdruck gebracht werden, dass „nur“ regionale Messungen mit einem Eötvös-Gradiometer möglich sind. Der Hochtechnologie-Satellit GOCE, geführt von „Principle Investigator“ Reiner Rummel (TU München), observiert global erdumspannend das Schwerfeld des im inertialen Raum operierenden Satelliten, konkreter die Schwerfeldänderungen von Ort zu Ort in einem vorgegebenen Zeitfenster.

Besonders herausragende Merkmale der GOCE-Mission sind (i) erstes Schweregradiometer im All, (ii) extrem niedrige Bahnhöhe von 265km, (iii) aktive Kompensation der Atmosphärenreibung in Flugrichtung und der Eigengravitation des Satelliten, (iv) Orientierungskontrolle, (v) Einsatz neuartiger Materialien und (vi) perfekt geräuscharme Umgebung. Zur konkreten Analyse der Messungen gehört die Zerlegung des Schweretensors in zwei symmetrische Terme (i) Gravitation und Zentrifugal-Anteil (Winkelgeschwindigkeit) und zwei antisymmetrische Terme (ii) Winkelbeschleunigungen, die auf dem Flugweg zu integrieren sind, und (iii) der kleinen Euler-Beschleunigung auf Grund der Rotationseffekte.

Der Vortragende hat aus seinen einschlägigen Arbeiten zwei Themen erwähnt: (i) terrestrische Gradiometrie (Arbeiten im geodätischen Mekka Department of Geodetic Sciences, Ohio State University, Columbus/Ohio/USA, vorrangig das Anholonomitätsproblem) und (ii) Satellitengradiometrie (Arbeiten zur Transformation eines erdfesten Referenzsystems, eines raumfesten Inertialsystems und eines satellitengetragenen Gradiometer-Referenzsystems, Beispiel GOCE).

Nutzer des GOCE-Satellitenprojekts werden alle Erdwissenschaftler sein, die sich mit dem terrestrischen Schwerfeld und der Ozean-Zirkulation beschäftigen.

(Anmerkung: der vollständige Vortragstext mit Bildern ist auf der Homepage des Humboldt-Vereins Ungarn (www.humboldt.hu) zu lesen)



Prof. Dr.-Ing.habil. Dr.tech. h.c. mult Dr.-Ing. E.h. mult geboren 1939 in Essen. Studium an der TU Clausthal-Zellerfeld von 1959 bis 1968: 1964 Dipl.-Phys., 1968: Dipl.-Ing.. Von 1968 Dozent an der Universität Bonn. 1975: Ruf auf den Lehrstuhl „Astronomische und Physikalische Geodäsie“ Hochschule der Bundeswehr München. Zwischen 1980 und 2005 Direktor und ordentlicher Professor, Geodätisches Institut, Universität Stuttgart. 2005 Emeritierung. Weltweit zahlreiche Lehraufträge und Gastprofessuren. Bomford Preis (1975, International Association of Geodesy). 1975 Senior K. and W.A. Heiskanen Preis der Ohio State University, 1978 Senior Scientist Award, National Academy of Sciences, Washington, USA. Dr. h. c.: TH Stockholm, TH Darmstadt, TU Budapest, UdB München. 2000: Werner Heisenberg Medaille, AvH-Stiftung, 2004: Korrespondierendes Mitglied der Österreichischen Geodätischen Kommission