

INTEGRALE SCHWEREFELDBESTIMMUNG
IN DER IVREA- ZONE
UND DEREN GEOPHYSIKALISCHE INTERPRETATION

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titel eines

DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Beat Bürki

Dipl. Verm. Ing. ETH

geboren am 8. Juli 1949

von Langnau i/E

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. H.- G. Kahle, Referent

Prof. Dr. St. Mueller, Korreferent

Prof. Dr. W. Torge, Korreferent

1988

Zusammenfassung

Hauptziel eines langjährigen interdisziplinären Forschungsprojekts am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie war die Messung und Interpretation des Schwerefeldes im südlichen Alpenraum. Es bildet den Inhalt der vorliegenden Arbeit. Mit den Untersuchungen wurde in der Schweiz erstmals eine potentialtheoretische Methode auf der Grundlage einer integralen Schwerefeldbestimmung realisiert. Dabei werden sowohl die Beträge als auch die Richtungen der anomalen Schwerevektoren bearbeitet. Eine besonders ausgeprägte Schwerestörung wird im Süden der Schweiz durch die prominente Zone Ivrea- Verbano verursacht. Sie bewirkt Schwereanomalien von rund 170 mgal und Lotabweichungen von rund 30 Bogensekunden in beiden Komponenten. Die Interpretation gezielter beobachteter Lotabweichungen und Schwereanomalien sollte einen Beitrag zur Kenntnis der Tiefenstruktur des Ivrea- Körpers liefern.

In den Jahren 1983, 1985 und 1986 wurden auf insgesamt 117 Stationen zwischen dem Aosta- Tal und dem Veltlin Schwereanomalien sowie Lot- und Ellipsoidennormalenrichtungen bestimmt. Zum Einsatz kamen u. a. transportable Zenitkamera- Messsysteme und Satellitenempfänger des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) sowie Gravimeter des Instituts für Geophysik (IG) der ETH Zürich. An den Messkampagnen beteiligten sich ausserdem europäische Institutionen, die über ähnliche Messsysteme verfügen.

Nach Auswertung der Feldmessungen wurden die Schwere- und Lotrichtungsmessungen von den Effekten, die auf die inhomogene Massenverteilung zurückzuführen sind, abgespalten, und so die Signale ermittelt, die durch die Dichtekontraste des Ivrea- Körpers verursacht werden. Diese Signale bildeten die Ausgangsgrössen für die geophysikalische Interpretation. Mit Hilfe eines neuen Ansatzes für die gemeinsame Bearbeitung aller Komponenten des beobachteten Schwerevektors auf der Basis einer vermittelnden Ausgleichung, wurde ein neues Modell für die Ivrea- Struktur erarbeitet.

Gegenüber den bisherigen Modellen zeigten sich im wesentlichen zwei Änderungen:

- Der Unterbau des Ivrea- Körpers war bisher als schiefstehende Platte angenommen worden, die in Richtung Nordwesten über Material von relativ geringerer Kompressionswellengeschwindigkeit liegt und gegenüber dem Krustengestein einen Dichtekontrast von $+0.4 \text{ gcm}^{-3}$ aufweist. Die in der vorliegenden Arbeit präsentierten neuen astro- gravimetrischen Messungen stehen jedoch mit diesem Modell nicht in Einklang. Stattdessen ergab die Interpretation ein senkrechtes Abfallen des Ivrea- Körpers im südwestlichen Teil, während die

Abgrenzung gegenüber dem "normalen" Krustengestein im nördlichen Teil sogar nach Norden dreht. In der Gegend von Locarno bildet sie einen massiven Keil, der bis zur Moho-Diskontinuität hinunterreicht. Dieser markante Widerspruch zwischen den beiden Interpretationen bleibt vorderhand bestehen. Für die Beurteilung der geotektonischen Entstehungsgeschichte des Ivrea- Körpers wäre ein zusätzlicher seismischer Datensatz von besonders grosser Bedeutung, um die aufgezeigten Differenzen genauer analysieren und beseitigen zu können.

- Im Osten ergaben die Messungen eine Fortsetzung des Ivrea- Körpers bis über den Comersee hinaus. Der festgestellte Dichtekontrast beträgt in dieser Fortsetzung allerdings nur ca. 0.1 gcm^{-3} . Dies deutet nicht zwingend auf Material des Ivrea- Körpers hin, zumal sich die Hauptrichtung dieser Struktur nicht mit der der Tonale-Linie korrelieren lässt. Es könnte sich aber möglicherweise um eine Verbindung in Form eines Rückens zwischen der Ivrea- Zone und dem Schwerehoch von Verona handeln.

Wenngleich die geodätische Interpretation mit den geophysikalischen Daten einige Widersprüche aufweist, kann sie doch das beobachtete Schwerefeld mit hoher Genauigkeit reproduzieren. Dank dieser wichtigen Voraussetzung ist es gelungen, die Genauigkeit der Geoidberechnung in die Grössenordnung von wenigen Zentimetern zu senken (MARTI, 1988).

Das Forschungsprojekt war interdisziplinär (Geodätische Astronomie, Satellitengeodäsie, Geophysik, Geologie) und international (bei den Messkampagnen beteiligten sich Institutionen aus der BRD, Italien, Österreich und der Schweiz). Es ist versucht worden, mit den vorgelegten Ergebnissen einen Beitrag zur Geoidbestimmung und zur vertieften Kenntnis der geologischen Tiefenstruktur im Süden der Schweiz zu liefern. Die Forschungsarbeiten finden zum Teil ihre Fortsetzung im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms "Geologische Tiefenstruktur der Schweiz" (NFP20).

Abstract

The geophysical and geodetic interpretation of variations of the earth's gravity field has been the goal of numerous geophysical and geodetic investigations in the last two decades. While most of the publications report on the interpretation of either gravity data only or astro-geodetic data only, no methods were published until now enabling a simultaneous treatment of all three components of the gravity vector. The main task of this thesis was to apply modern zenith camera systems and gravimeters for the determination of both data sets. A total of 117 astronomic stations was observed in northern Italy and southern Switzerland where the prominent zone of Ivrea- Verbano causes very significant disturbances of the gravity field. For the determination of ellipsoidal coordinates two Doppler satellite receivers MX1502 were used in the translocation mode.

The astro- geodetic and gravity measurements were used to interpret the deep- seated mass disturbance caused by the Ivrea body in terms of location, size and density contrast. The entire structure was assembled by a series of elementary bodies which can be oriented arbitrarily in space and from which the gravitational attraction can be computed by using rigorous formulae. For the geophysical interpretation the effects of all known mass inhomogeneities had to be removed from the measured values. The remaining residual field can be considered as the true signal caused by the Ivrea body. The reductions which were applied in our work include digital mass models for the following effects: topography, Moho discontinuity, sediments of the Po plain and of the main valleys, lakes as well as geological reductions for near-surface structures. Furthermore an appropriate mathematical model was used to perform a least-squares adjustment for estimating the following parameters: Density contrast of a single or several elementary structures with respect to the mean density value; changes in the geometry of every single element (either rectangular or triangular prisms); changes in the position or spatial orientation of every element.

As a result of our investigations a new astro- gravimetric model for the Ivrea body is presented. It reveals the following aspects:

- the proposed steepness of the Ivrea- body on its northern part underneath the Insubric line cannot be confirmed by our astro- gravimetric measurements. On the contrary, the measurements show a mass excess which reaches its maximum north of Locarno. There a big wedge reaching down to the Moho is needed to satisfy the measurements. In spite of the fact that the Insubric line cuts this northern continuation the density contrast of $+0.4\text{gcm}^{-3}$ corresponds well with the density contrast encountered south of this tectonic lineament. This

Abstract

interpretation is in contrast with seismic results which show a pronounced velocity inversion-zone beneath the Ivrea- body. On the other hand, this would produce a large mass deficit. Since the answer to this particular question is very important for the study of the evolution of the Ivrea zone, more seismic investigations would be very helpful.

- in the eastern continuation of the Ivrea- body a large mass anomaly is reflected showing a low density contrast of only $+0.1 \text{ gcm}^{-3}$.

Besides the use of these measurements for the described purpose the data are also of importance for the determination of the geoid. First test computations have confirmed the excellent accuracy of the geoid which was thereby improved down to the centimeter level over an area of approximately $100 \times 100 \text{ km}$.