

## Werk

**Jahr:** 1974

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 Z NAT 2148:40

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN1015067948\_0040

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1015067948\\_0040](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1015067948_0040)

**LOG Id:** LOG\_0047

**LOG Titel:** Die magnetische Anomalie der Ivreazone

**LOG Typ:** article

## Übergeordnetes Werk

**Werk Id:** PPN1015067948

**PURL:** <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN1015067948>

**OPAC:** <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=1015067948>

## Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

## Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen  
Georg-August-Universität Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen  
Germany  
Email: [gdz@sub.uni-goettingen.de](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

# Die magnetische Anomalie der Ivreazone

G. Albert

Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt

Eingegangen am 12. Dezember 1973

## The Magnetic Anomaly of the Ivrea-Zone

*Abstract.* A magnetic field survey has been made in the Ivreazone in 1969/70. This paper shows the results: A significant anomaly of the vertical intensity is found. It follows the basic mainpart of the Ivrea-Verbano zone and continues to the south. The width of the anomaly is about 10 km, the maximum measures about  $+800 \gamma$ . The model interpretation shows that possibly the anomaly belongs to an amphibolitic body, which in connection with the Ivrea-body was found by deep seismic sounding. Therefore the magnetic anomaly provides further evidence for the conception that the Ivrea-body has to be regarded as a chip of earthmantle material pushed upward by tectonic processes.

*Key words:* Vertical Intensity of Magnetic Field — Smoothed Curves of Anomaly — Wavelength Filtering — Isolines — Basic Mainpart — Twodimensional Modeling — Best Fitting Model Curve — Induced Magnetization — Susceptibility — Amphibolitic Body.

*Zusammenfassung.* In den Jahren 1969/70 wurden in der Ivreazone magnetische Feldmessungen durchgeführt. Diese Arbeit stellt die Ergebnisse vor: Eine deutliche Anomalie der Vertikalintensität wird gefunden. Sie folgt dem basischen Hauptzug der Gesteinszone Ivrea-Verbano und setzt sich nach Süden fort. Ihre Breite beträgt ca. 10 km, das Maximum liegt bei  $+800 \gamma$ . Die Modellinterpretation gibt Anlaß zur Vermutung, daß die Anomalie einem amphibolitischen Störkörper zugeschrieben werden muß. Dieser Störkörper ist dem seismischen Ivrea-Körper im Südosten angelagert. Die magnetische Anomalie unterstützt damit die Vorstellung, daß der Ivrea-Körper als hochgeschobener Span von Mantelmaterial anzusehen ist.

Die Ivreazone ist in den letzten Jahren recht intensiv von verschiedener Seite untersucht worden. Neuere Arbeiten über die geophysikalischen, geologisch-tektonischen und petrographischen Gegebenheiten dieser Zone haben zur Auffassung eines ausgedehnten, weit in die Tiefe reichenden Störkörpers geführt. Die Vorstellung eines im Bereich der Moho-Zone abgescherten und nach Westen über sialisches Material steil aufgeschobenen Gesteinskörpers wird heute von vielen Wissenschaftlern geteilt.

Ein derart mächtiger, basischer bis ultrabasischer Gesteinskörper in sialischer Umgebung dürfte auch eine merkliche Störung des Magnetfeldes hervorrufen. Die Vermessung dieser magnetischen Anomalie kann einen

Beitrag zur Beantwortung der Fragen nach Form, Lage, Ausdehnung und möglicherweise nach dem Material des Ivrea-Körpers leisten. Mehrere vorangegangene Arbeiten bestätigten diese Vermutung:

1. Die Vermessung des magnetischen Feldes im Schweizer Teil der Ivreazone (Weber *et al.*, 1949) weist Anomalien bis zu  $+1200 \gamma$  auf, die weitgehend parallel zum Schichtstreichen verlaufen.

2. Gesteinsmagnetische Untersuchungen von Pavoni (1968) und Fromm *et al.* (1970) zeigen, daß vorwiegend induzierter Magnetismus über der Störungszone zu erwarten ist. Remanente Magnetisierung tritt dagegen nur mit weit geringerer Intensität und sehr inhomogen auf.

### *Planung und Durchführung der Messungen*

Eine Vermessung des Magnetfeldes in der Ivreazone mußte folgendes Ziel haben:

1. Darstellung der magnetischen Anomalie der Ivreazone
2. Aussagen über die Trägersubstanz der magnetischen Feldstörungen
3. Vergleich der magnetischen Modellinterpretation mit anderen geowissenschaftlichen Befunden.

Kann insbesondere die Vorstellung eines abgescherten Spans aus dem Grenzbereich Kruste-Mantel von Seiten der Magnetik erhärtet werden?

Es wurden in mehreren Feldeinsätzen insgesamt 17 Profile quer zum Streichen des Ivrea-Körpers vermessen. Ein zusammenhängendes Längsprofil konnte wegen der schwierigen Geländeverhältnisse nicht gelegt werden. Die Profile mit einer mittleren Länge von ca. 20 km verlaufen entlang von Straßen oder begehbaren Wegen und Pfaden. Nur so konnten die Messungen mit einem erträglichen Zeitaufwand durchgeführt werden. Gewisse Abstriche an einer stets vollständigen Überdeckung der Anomalie mußten dabei in Kauf genommen werden. Anhand einiger günstig gelegener Profile wurde aber das Verhalten auch außerhalb der eigentlichen Störungszone geprüft.

Gemessen wurde die räumliche Änderung der Vertikalintensität mit einem Askania-Torsionsmagnetometer (GFZ) und einem Jalander-Kernsättigungsmagnetometer. Die Meßpunkte mußten sich nach den Geländegegebenheiten richten. Sie konnten daher nicht äquidistant gelegt werden. Es wurde aber ein mittlerer Punktabstand von 50–100 m auf den nördlichen und 100–500 m auf den südlichen Profilen angestrebt. Die Wahl dieser Meßpunktabstände erfolgte mit Hinblick auf die Aussagemöglichkeit der Messungen. Zur Erfassung des großen, tieferliegenden Körpers wären größere Abstände von 1000–5000 m ausreichend gewesen. Dabei wären allerdings die Informationen über kleinräumigere Schwankungen sowie die Möglichkeit zur Korrelation der Meßkurven mit petrographischen

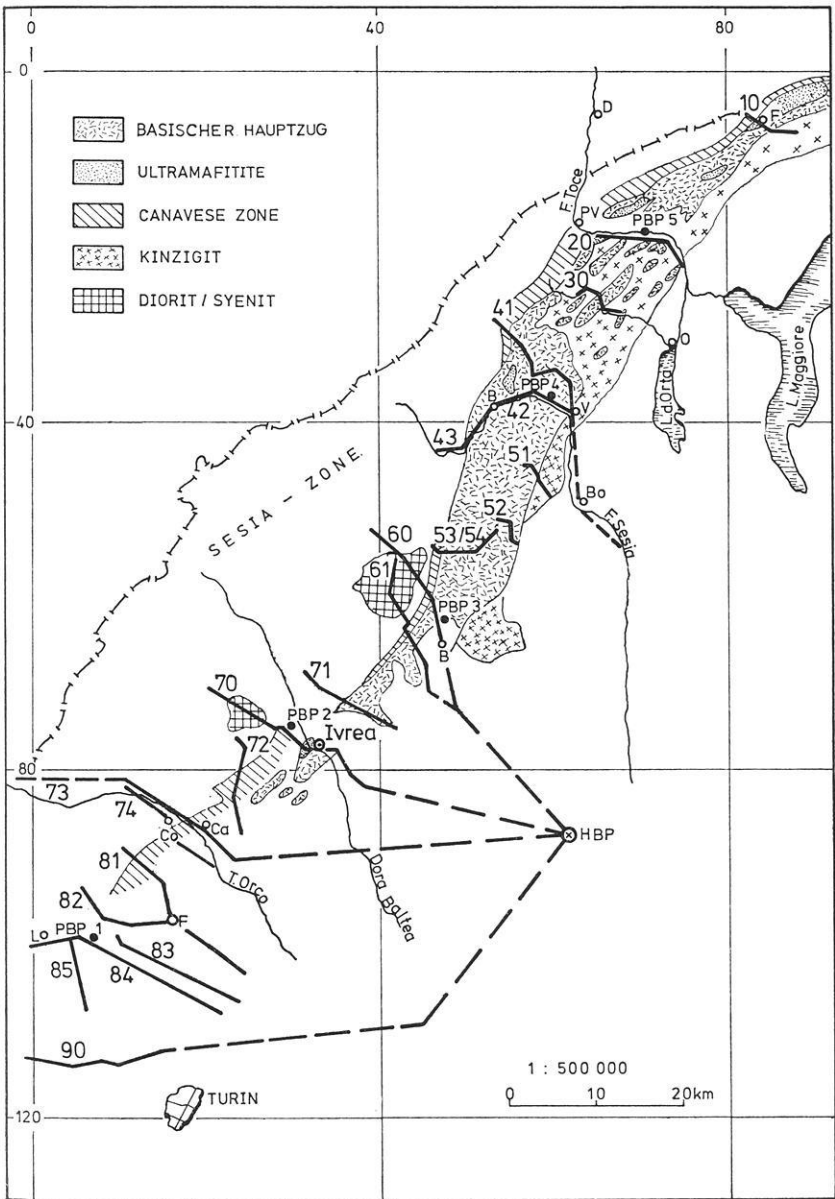


Abb. 1. Geologie der Ivreazone und die Profilinien der Feldmessungen

Profilen verlorengegangen. Starke, kleinräumige Schwankungen treten bei Wechsellagerungen, basischen Einlagerungen und über Serpentinisierungszonen auf.

Die einzelnen Profile sind in der Karte (Abb. 1) eingetragen.

### *Aufbereitung und Darstellung der Meßwerte*

Zur Bestimmung der  $\Delta Z$ -Werte aus den gemessenen Vertikalintensitäten wurden Normalfeldberechnungen für mehrere Basispunkte im Meßgebiet durchgeführt. Zeitliche Feldstörungen wurden durch Vergleiche mit Variationsregistrierungen kontrolliert.

Zur Darstellung und Interpretation des magnetischen Störfeldes ist eine Trennung der lang- und kurzwelligen Anteile nötig. Erst bei hinreichend klaren Anomalieverläufen können Modelle konstruiert und angepaßt werden, die einerseits die Meßwerte (geglättete) befriedigen und andererseits noch eine genügend gute Vorstellung vom tatsächlichen Störkörper vermitteln. Die Daten wurden nach zwei verschiedenen Verfahren behandelt.

#### 1. Glättung durch Faltung mit einer Dreiecksgewichtsfunktion

Bei den Messungen wurden nicht nur die Meßwerte selbst, sondern auch deren räumliche Schwankungen von Meßpunkt zu Meßpunkt beobachtet und danach deren Abstände eingerichtet. Mit diesem Verfahren ergibt sich ein optimales Verhältnis von Informationsgehalt zu Meßaufwand.

Bei der notwendigen Glättung soll der erzielte Informationsgehalt nicht verlorengehen. Es wurde deshalb eine Dreiecks-Gewichtsfunktion verwendet, die sich in ihrer Breite den Meßpunktabständen automatisch anpaßt. Bei den vorliegenden Daten wurde es für nötig und ausreichend erachtet, jeweils 11 Meßwerte bzw. Meßpunkte pro Faltungsschritt zu erfassen.

Die so geglätteten Profilkurven sind insgesamt klarer als die Darstellung der rohen Meßwerte. Insbesondere werden bei dieser Glättung vorwiegend Fremdstörungen und nur ganz lokale geologische Störungen herausgefiltert. Alle wichtigen Einzelheiten bleiben weiterhin erhalten und können besser erkannt werden (Abb. 2a, b).

#### 2. Glättung durch Filterung

Eine Glättung der Meßkurve kann auch durch eine Wellenlängenfilterung mit einem Tiefpaß erzielt werden. Hierbei werden die kurzwelligen Anteile der Anomalie stark unterdrückt. Es läßt sich zeigen, daß dieser Prozeß der analytischen Fortsetzung des Potentialfeldes nach oben äquivalent ist.

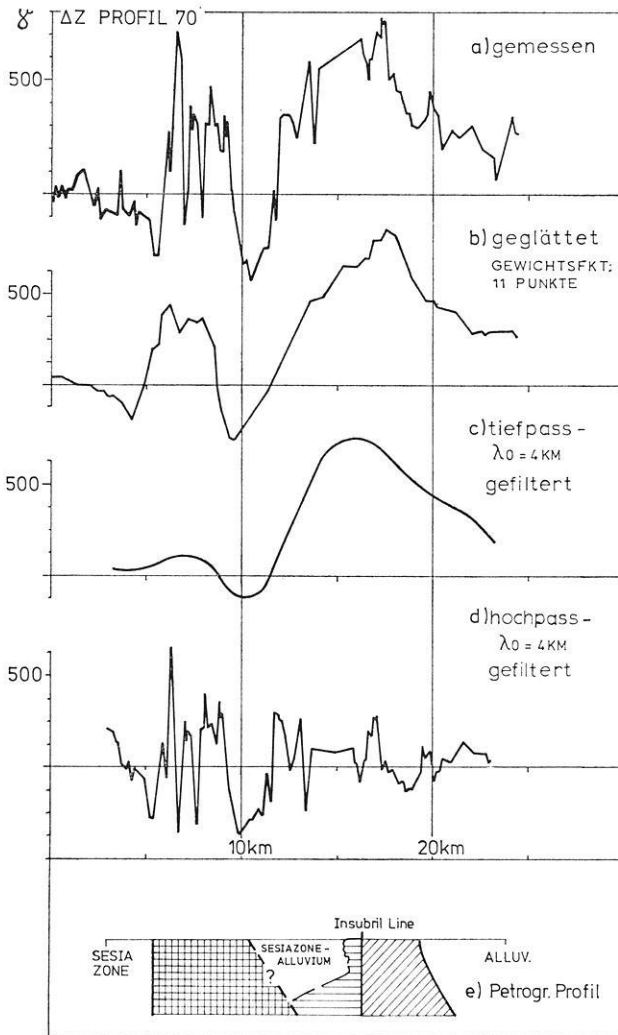


Abb. 2. Vergleich einer  $\Delta Z$ -Kurve vor und nach Anwendung verschiedener Filterverfahren

Mit dieser „Tiefpaßfilterung“ und einer hierzu komplementären „Hochpaßfilterung“ läßt sich die Trennung der Anomalie in ihre lang- und kurzwelligen Bestandteile durchführen (Abb. 2c,d).

Die verhältnismäßig rechenintensiven Glättungs- und Filterverfahren wurden mit hierfür erstellten numerischen Rechenprogrammen ausgeführt.

Die Zusammenstellung der geglätteten Profile ist in Abb. 3a bzw. 3b wiedergegeben. Die einzelnen Profile sind von N nach S so untereinander-

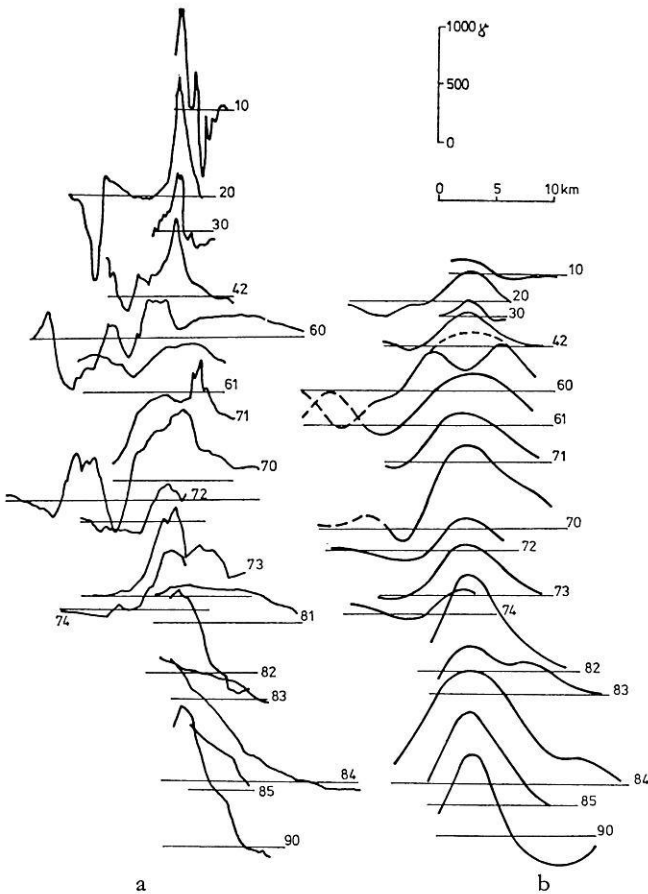


Abb. 3a. Geglättete  $\Delta Z$ -Kurven. Gewichtsfkt.: 11 Pkte. — Abb. 3b. Tiefpaßgefilterte  $\Delta Z$ -Kurven. Grenzwellenlänge  $\lambda_0 = 4$  km

gezeichnet, daß die Maxima auf einer Linie liegen. Dadurch wird die Veränderung der Anomaliekurven von N nach S besser erkennbar.

Die Abb. 4a bzw. 4b zeigen die entsprechenden Isolinienkarten der Vertikalintensität.

#### *Isanomalienkarten der geglätteten Profile*

Das durch Faltung gewonnene Anomalienbild (Abb. 4a) sollte auch Informationen über oberflächennähere Störquellen enthalten, also mit der geologischen Karte des Gebietes korrelierbar sein. Man erkennt, daß die magnetische Anomalie in der gesamten Zone dem basischen Hauptzug

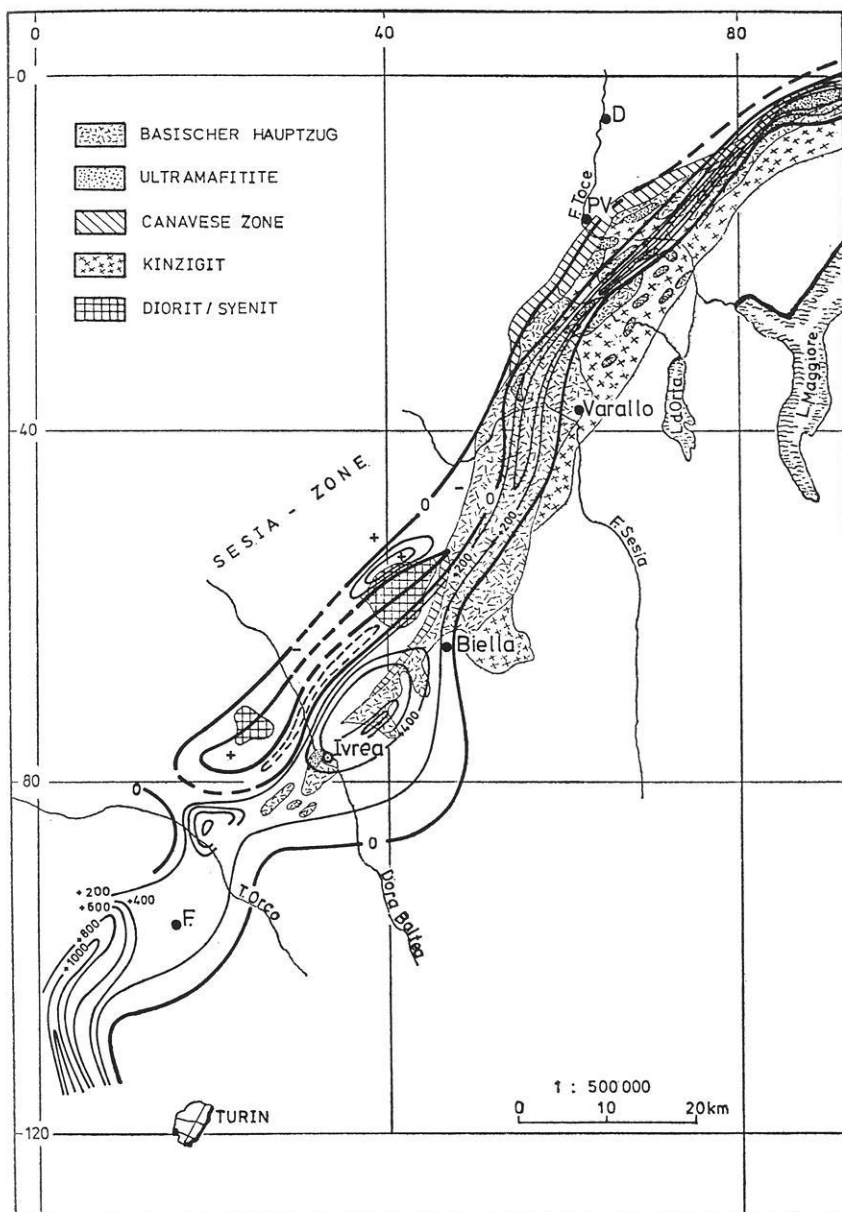


Abb. 4a. Isolinien der geglätteten Daten



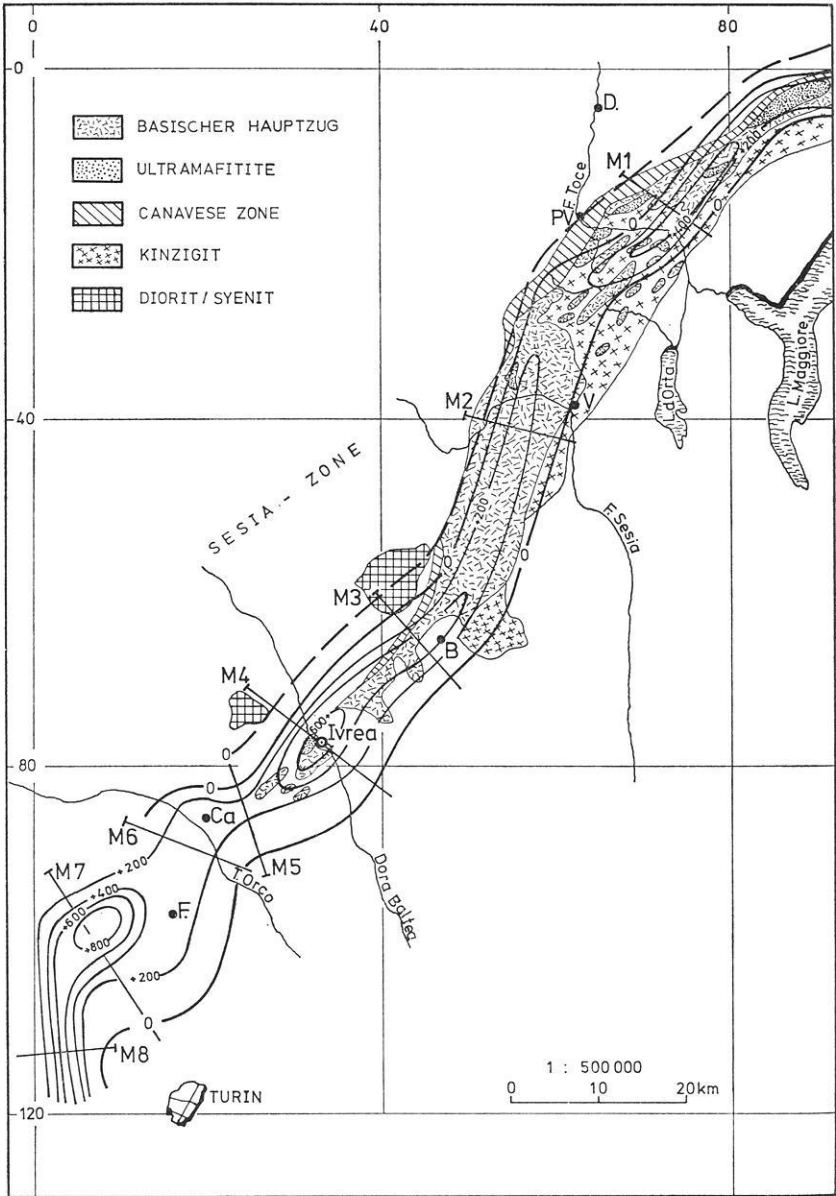


Abb. 4b. Isolinien der tiefpaßgefilterten Profilkurven

folgt, allerdings etwas nach SO versetzt. Wie zu erwarten, erhielt man durch dieses Verfahren ein detailliertes Bild der Anomalie. Es ist in vier Zonen gegliedert:

1. Eine recht homogene Störung (NO—SW-Streichen) bildet den nördlichsten Teil der Anomalie. Sie reicht von der Schweizer Grenze bis südlich Varallo. Der Maximalwert liegt bei  $+600 \gamma$ . Die Breite beträgt 3—4 km. Zu den Enden hin ist diese Teilanomalie leicht abgknickt und verbreitert sich dort auf 6 km.

2. Nach einer wieder schmaleren Übergangszone schließt sich ein elliptischer Anomaliebereich zwischen Biella und Ivrea an. Der Maximalwert liegt hier bei  $+1000 \gamma$ . Dabei zeigt sich eine Verschiebung des Maximums nach SO. Von 0 bis  $+600 \gamma$  hat die Störung einen starken Gradienten im NW und eine flache Flanke im SO. Die Werte von  $+800$  bis  $+1000 \gamma$  sind als „Höcker“ auf die Störung aufgesetzt und müssen daher einer Asymmetrie an der Oberkante des Störkörpers zugesprochen werden.

Deutlich ist in diesem Bereich die negative Voranomalie im NW, in die eine positive Störung eingeschaltet ist. Die Voranomalie kann als Indiz für ein flacheres Einfallen des Ivrea-Körpers gelten. Die positive Störung korreliert mit dem Syenit von Biella und dem Diorit von Traversella. Die Verbindung der Isolinien deuten auf einen Zusammenhang dieser beiden mineralogisch verwandten Gesteinsarten hin.

3. Es folgt dann eine breite Übergangszone. Eine dreieckige Störung von  $+800 \gamma$  ist zentral bei Castellamonte gelegen.

4. Nicht vollständig erfaßt wurde die südlichste Zone. Sie ist im Zentrum vermutlich 12 km breit (6 km vom Maximalwert  $+1200 \gamma$  bis zur Nulllinie), vorausgesetzt, daß sie symmetrisch senkrecht zum Streichen aufgebaut ist. Die Symmetrie ist durch die  $+800 \gamma$  und  $+1000 \gamma$  Linie angedeutet. Sie zeigt ähnlich der nördlichsten Zone ein Abknicken des nördlichen Endes.

Die Filterung mit der Abschneidwellenlänge  $\lambda_0 = 4$  km ergibt das Isolinienbild der Abb. 4b. Die Isolinien decken sich im großen Verlauf mit denen der Abb. 4a. Die Gesamterscheinung ist allerdings einheitlicher als bei den einfach geglätteten Profilen. Die Geschlossenheit der Anomalie kommt stärker zum Ausdruck. Jedoch ist auch hier die Gliederung in die vier oben beschriebenen Zonen möglich.

Auffällig ist eine scheinbare Verbreiterung der ersten Zone und eine Verringerung der Breite in der zweiten Zone. Dieser Effekt darf jedoch nicht einer formenden Wirkung des Filters zugeschrieben werden. Es wurden hierzu Untersuchungen angestellt. Sie ergaben, daß bei der Filterung nur die Störungen durch kleinräumige und oberflächennahe Quellen herausgefiltert werden, während sich das langwellige Störfeld nur un-

wesentlich verändert. Durch die Wahl eines sehr scharf abschneidenden Digitalfilters konnten die lang- und kurzwelligen Anteile der Meßkurve so „verlustfrei“ getrennt werden, daß bei einer probeweisen Addition der beiden Komponenten nahezu die ursprüngliche Meßkurve wieder erhalten werden konnte.

Bei der Analyse der hochpaßgefilterten Profile (s.u.) wird außerdem festgestellt, daß die nördlichen Meßkurven und deren hochpaßgefilterten  $\Delta Z$ -Kurven starke strukturelle Ähnlichkeiten aufweisen. Dies deutet daraufhin, daß dort der Hauptanteil der Störung durch die kleinräumigen, oberflächennahen Quellen verursacht werden. Der tiefere Störkörper liefert nur ein relativ schwaches aber breit- „verschmiertes“ also langwelliges Störfeld. Da angenommen werden kann, daß der tiefe Störkörper relativ homogen geformt ist, erscheint eine ziemlich konstante Breite der Anomalie verständlich.

Zusammenfassend kann folgende Beurteilung der langwelligen Anomalie gegeben werden:

Die Nulllinie umfaßt die gesamte Anomalie. Ebenso kann die  $+200 \gamma$  Linie durchlaufend gezeichnet werden. Die Teilstörungen, wie sie oben beschrieben wurden, müssen daher als eine geschlossene Gesamtanomalie betrachtet werden. Die sich in diesen Darstellungen ergebende Gliederung könnte durch eine tektonische Zerschering des Körpers bedingt sein. Die Knicke im Streichen der Anomalie und das Symmetrieverhalten weisen darauf hin. Auch ein unterschiedlich starkes Einfallen der Teilkörper könnte diese Gliederung verursachen.

Während die erste und zweite Zone im Mittel derselben Streichrichtung folgen (NO—SW), verläuft die vierte in N—S-Richtung. Dieser starke Knick findet seine Ankündigung in der breiten Übergangszone 3. Die dort eingeschlossene Kleinstörung weist auf ein Trümmerstück hin. Eine möglicherweise vorhandene vertikale Zerschering (den Nachweis muß die Modellrechnung bringen) findet vermutlich in mehreren kleinen Brüchen statt. Offensichtlich liegt auch eine Rotation oder horizontale Verschiebung vor, wie der scharfe Knick der vierten Zone beweist.

Beide Darstellungen bestätigen die Aussagen der Seismik und Gravimetrie insoweit, als hier ebenfalls eine langgestreckte, relativ intensive Anomalie gefunden wird. Die magnetische Störung ist jedoch etwas nach SO verschoben. Darüber hinaus läßt sich eine stärkere Gliederung des Störkörpers erkennen. Dies betrifft insbesondere den oberen Teil des Körpers.

#### *Aussagen der hochpaßgefilterten Profile*

Die Hochpaßfilterung ist eine Interpretationshilfe für die Isolinienkarten. Hierbei wird die Erkenntnis genutzt, daß die Meßwertschwankungen in magnetisch gestörten Zonen vornehmlich in den Randbereichen

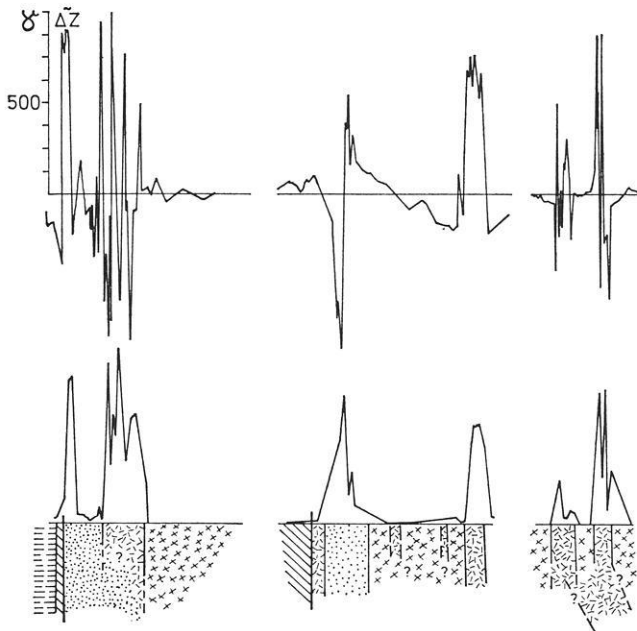







Abb. 5. Beispiel dreier hochpaßgefilterter Profile (oben) und Korrelation der Effektivwertkurve mit dem petrographischen Profil (unten).

 Basischer Hauptzug	 Canavese Zone	 Sesia Zone
 Ultramafitite	 Kinzigit	

groß werden. Die kurzwelligen  $\Delta Z$ -Kurven sagen in erster Linie etwas über die anstehenden oder dicht unter der Erdoberfläche liegenden Quellen aus. Darüberhinaus kann diese Komponente der Meßkurve die Beschaffenheit der Oberkante des Störkörpers erhellen.

Abb. 5 zeigt drei typische Vertreter dieser kurzwelligen Profilkurven. Aufgetragen wurden untereinander das hochpaßgefilterte  $\Delta Z$ -Profil, eine Effektivwertdarstellung dieser Kurve und das zugehörige petrographische Profil.

Einschränkend ist zu sagen, daß in den hochpaßgefilterten Profilkurven auch alle meß- und auswertetechnischen Fehler und Meßwertverfälschungen enthalten sind.

Die nördlichen Profile 10–74 zeigen eine ähnliche Struktur wie die Meßkurven. Es kann daraus der Schluß gezogen werden, daß in ihnen noch wesentliche Information über den Störkörper bzw. die Form seiner Oberkante (s. o.) steckt.

Die Korrelation dieser hochpaßgefilterten  $\Delta Z$ -Kurven und ihrer Effektivwerte mit den petrographischen Profilen ergibt eine eindeutige Zuordnung der Bereiche erhöhter Meßwertschwankungen mit ultramafi-

schem und insbesondere mit basischem Gestein. Besonders deutlich bildet sich die Insubrische Linie in den Effektivwerten ab. Hieraus muß einmal gefolgert werden, daß im Norden der Ivrea-Körper insgesamt dichter an die Oberfläche heraufreicht bis schließlich zum anstehenden Ultramafitkörper von Finero. Zum anderen lassen diese kurzwelligen  $\Delta Z$ -Kurven keine einheitliche Anomalie erkennen, sondern nur Bereiche starker oder erhöhter Schwankungen, die mit dem basischen Hauptzug korrelieren. Dies bedeutet aus magnetischer Sicht eine unregelmäßige Oberkante des Körpers. Oberhalb des geschlossenen Körpers sind „Intrusionen“ und „Späne“ zu finden, wie es auch die ultramafischen Linsen im Anstehenden vermuten lassen (Lensch, 1968a).

Die aufgezeigten Effekte nehmen von Norden nach Süden an Intensität ab. Da aber bei den Profilen 10–74 deutlich zu erkennen ist, daß die hochpaßgefilterten  $\Delta Z$ -Kurven über Sesia- und Canavesezone wie auch über den Sedimenten der Po-Ebene „glatt“ sind, können auch für die weniger prägnanten südlichen Profile Maxima und Spitzen der Effektivwerte als Hinweis auf die Rauheit der Störkörperoberfläche gedeutet werden.

Der magnetische Ivrea-Körper muß nach diesen Befunden als „ausgefranst“, zersplittert und in Wechsellagerung mit dem angrenzenden Material stehend angenommen werden. Dies stimmt mit den von Lensch (1968a) aus petrographischen Befunden abgeleiteten Vorstellungen über die Oberkante des Körpers überein.

### *Modellrechnung*

Bis hierher wurde nur das Erscheinungsbild der magnetischen Anomalie vorgestellt und diskutiert. Es kommt nun darauf an, diese mit den übrigen Indikationen der Störungszone zu verbinden und somit das Bild des Ivrea-Körpers zu vervollständigen. Aus allen zur Verfügung stehenden Kenntnissen und dem Anomaliebild der magnetischen Daten werden die Gestalt und Anfangsparameter eines Modellkörpers festgelegt.

Grundsätzlich müssen hier zwei Gruppen von Parametern unterschieden werden:

1. geometrische Parameter, die sich auf die Form der Anomaliekurve auswirken und
2. Materialparameter, die sich auf die Amplitude — also Intensität der Anomalie auswirken.

Zu 1. Die relativ große Längserstreckung der Anomalie erlaubt eine zweidimensionale Modellbehandlung. Betrachtet man die Lage des seismischen (Berckhemer, 1968) und gravimetrischen (Kaminski und Menzel, 1968) Modelles und die der magnetischen Anomalie nach Abb. 4a und 4b, so fällt auf, daß die magnetische Feldstörung sich nur über der östlichen Flanke des Ivrea-Körpers ausbildet. Eine einfache Berechnung zeigt, daß

die seismischen und gravimetrischen Modelle als magnetische Störkörper betrachtet eine wesentlich breitere (ca. 25 km) als die gemessene Anomalie (ca. 10 km) hervorrufen würden. Da nordwestlich der gefundenen Anomalie keine wesentliche Abweichung vom Normalfeld erkennbar ist, muß der magnetisch wirksame Anteil des Störkörperkomplexes geringer mächtig sein und an der Südostflanke gesucht werden.

Insgesamt kann von der Grundform einer schräggestellten Platte ausgegangen werden. Als Ausgangswerte der geometrischen Parameter wurden zunächst die Breite mit 2,5 km an der Oberkante, die Tiefenlage der Oberkante und der Fallwinkel aber entsprechend der seismischen und gravimetrischen Modelle angenommen.

Zu 2. Bezüglich der Magnetisierung wurde schon eingangs das Überwiegen des induzierten Magnetismus angeführt. Damit ist die Magnetisierung parallel zum Normalfeld anzusetzen.

Die Intensität der Magnetisierung ist der Suszeptibilität des in Frage kommenden Materials proportional. Hierfür können verschiedene Werte angenommen werden:

Für Peridotit kann nach einem von Nagata (1961) angegebenen Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung des Materials und der Suszeptibilität ein Wert berechnet werden. Diese Werte liegen für die von Lensch (1968b) analysierten Proben zwischen  $\kappa = 9 \cdot 10^{-3}$  (Pyroxenit) und  $25 \cdot 10^{-3}$  (Olivin-Pyroxenit). Hornblende-Peridotit und Phlogopit-Peridotit haben Suszeptibilitäten von ca.  $23 \cdot 10^{-3}$ . Sie entsprechen den an anderen Stellen zu findenden Literaturwerten.

Gesteinsmagnetische Untersuchungen (Fromm *et al.*, 1970) ergeben dagegen für Peridotit der Ivreazone nur Suszeptibilitätswerte um  $0,12 \cdot 10^{-3}$ . Mit diesen geringen Werten müßte man einen sehr mächtigen Störkörper als Quelle der gemessenen Anomalie annehmen. Diese so errechenbaren Störungen würden aber weit breiter als die gemessene sein. Auch für die errechenbaren Suszeptibilitätswerte können keine zufriedenstellenden Modelle bzw. Anomaliekurven erzielt werden. Diese Werte liegen wieder etwas zu hoch.

Für Biotit-Amphibolit wurden aber von Fromm (1970) Werte der Suszeptibilität von  $10 \cdot 10^{-3}$  gemessen. Für Gabbrodiorit gibt Pavoni (1968) einen gleichgroßen Wert an.

Neben der Zusammensetzung der Gesteine übt auch die Temperatur einen Einfluß auf die Magnetisierung aus. Bei einem normalen Temperaturgradienten muß man in ca. 20 km Tiefe mit einer Überschreitung des Curiepunktes rechnen. Diese Überlegung führt zu einer Begrenzung des magnetisch wirksamen Körpers nach unten.

Ein Computerprogramm ermöglicht die automatische Anpassung der Modellparameter über den Vergleich der jeweiligen Modellanomalie mit der gemessenen Störung. Dieses Rechensystem basiert auf einer Arbeit von

Bosum (1968). Das Grundprinzip besteht in einer Anpassung aufgrund der kleinsten Fehlerquadratsummen, wobei jeweils über die partiellen Ableitungen der Parameter optimiert wird. Angepaßt werden Plattenneigung, Plattendicke, Tiefe der Oberkante und Lage der Oberkantenmitte im Profil.

Die Lage des Störkörpers bzgl. des Profils wurde nach wenigen Optimierungsschritten festgehalten. Dadurch wirkten sich die Abweichungen von berechneter und gemessener Anomalie voll auf die übrigen wichtigen Parameter aus. Für die relativ ungenau vorgegebene Suszeptibilität wurde mit mehreren festen Werten gerechnet ( $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $5 \cdot 10^{-3}$ ,  $10 \cdot 10^{-3}$ ,  $15 \cdot 10^{-3}$ ). Die geometrischen Parameter sind zwar vom Verfahren her recht genau bestimmbar, müssen aber im Rahmen der relativ ungenauen Annahmen und Voraussetzungen der Gesamtsituation gesehen und beurteilt werden. Der Vergleich mit dem Gesamtbild der Anomalie läßt die gefundenen Modelle vertretbar erscheinen.

### *Ergebnisse der Modellrechnung*

Abb. 6 zeigt die einzelnen Modellkurven im Vergleich zu zwei geglätteten Profilkurven. Man erkennt sehr deutlich, daß die Suszeptibilitätswerte  $5 \cdot 10^{-3}$ ,  $10 \cdot 10^{-3}$ ,  $15 \cdot 10^{-3}$  als gleichberechtigt anzusehen sind. Für  $1 \cdot 10^{-3}$  ergibt sich zwar allgemein ein recht mächtiger Störkörper, eine hinreichende Übereinstimmung mit der gemessenen Anomalie wird jedoch keineswegs erreicht. Die gute Anpassung bei drei Suszeptibilitätswerten ermöglicht es auch nicht, die Geometrie des Störkörpers stärker einzuzengen. Für die Tiefenlage der Oberkante zeigt sich aber bei allen Profilen eine geringe Bewegungsfreiheit. Der Neigungswinkel kann weitgehend als konstant angesehen werden.

Anders ist es mit der Breite des Störkörpers. Hier spiegelt sich in erster Näherung das Verhältnis der Magnetisierung im umgekehrten Sinn wider. Dies muß auch vom physikalischen Standpunkt erwartet werden. Während nämlich die Form (Steigung der Anomaliefanken, Symmetrie, Relation Maximum zu Minimum) von Plattenneigung und Tiefenlage bestimmt wird, gehen Magnetisierung (als Faktor) und Breite (Mächtigkeit) in die Intensität der Anomalie ein. Die Breite besitzt dabei aber auch noch einen formenden Einfluß.

Diesen Ergebnissen und Überlegungen folgend, ist Tiefe, Fallwinkel und Lage des Körpers innerhalb der Zone relativ genau bestimmt. Dagegen kann für die Magnetisierung und Breite nur der Bereich eines möglichen Wertes angegeben werden. Ebenfalls unkritisch wirkt sich die untere Begrenzung des Körpers bei 15 oder 20 km aus.

Das Modell ist eine relativ schmale, steilstehende Platte. Oberkante und Breite weisen leichte Schwankungen auf. Von Norden nach Süden ist eine

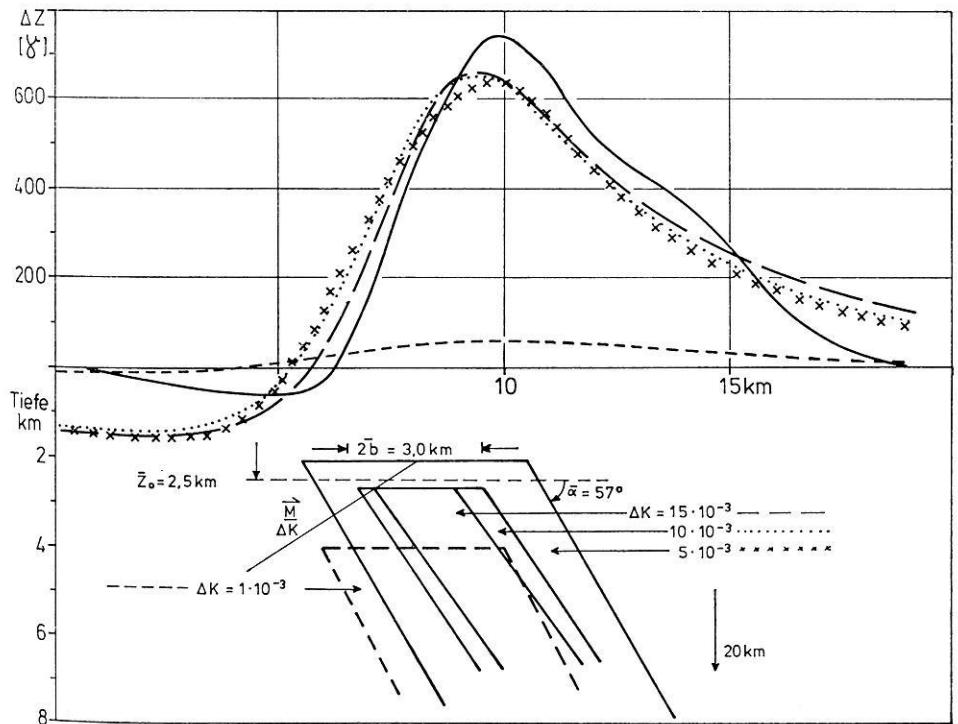
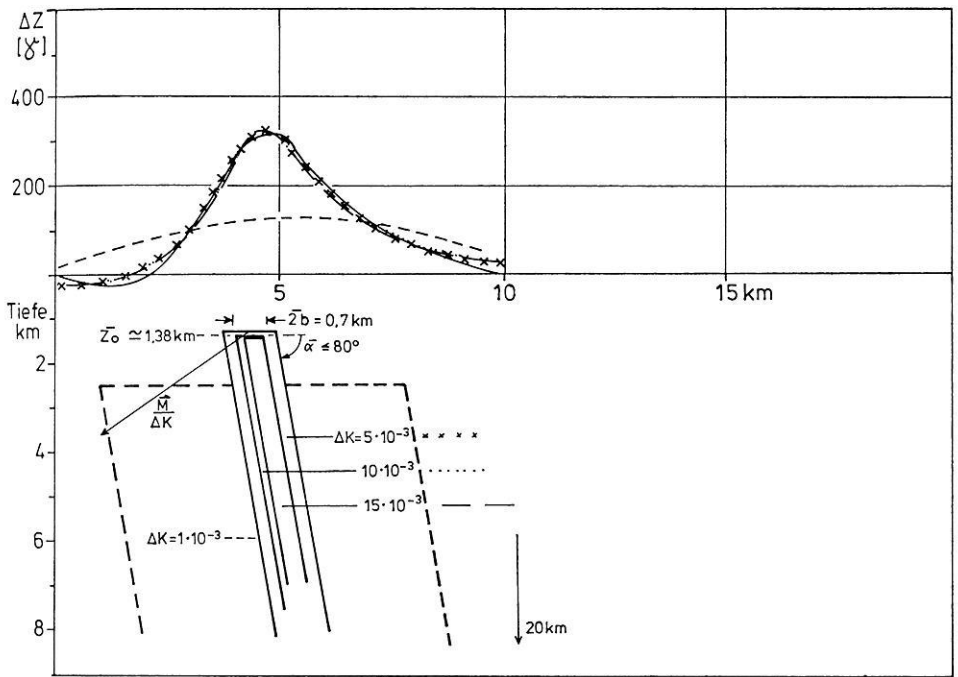


Abb. 6a u. b. Modelle mit magnetischem Feld



Tendenz von zunehmender Tiefe und Breite unverkennbar. Der Körper ist nach unten durch die Curietemperatur begrenzt, die in 15–20 km Tiefe überschritten wird. Dieses Bild wird in der Darstellung der Tiefenlinien (Abb. 7) gut erkennbar.

Auffallend ist das Umkippen der Platte zwischen Profil M5 und M6. In diesem Bereich wurde auch schon eine deutliche Störung im Isolinenbild erkannt.

### Zusammenfassende Beurteilung

Die klar erkennbare magnetische Anomalie stimmt sowohl in ihrer langwelligen als auch in der kurzwelligen Komponente mit dem basischen Hauptzug, der geologischen Anomalie, überein. Es ist daher anzunehmen, daß im Süden des Meßgebietes unter den alluvialen Sedimenten basisches bis ultrabasisches Material zu finden ist.

Die Isolinienkarten der Anomalie erlauben im begrenzten Rahmen, Aussagen über Struktur und Lage eines Störkörpers zu machen, der eng mit dem anstehenden Material in Verbindung steht. Die Modellrechnung ergibt einen in 2–3 km Tiefe liegenden, geschlossenen Störkörper vermutlich aus Amphibolit. Magnetisch kann er bis ca. 20 km verfolgt werden.

Die oben festgestellte Abweichung des seismischen von dem magnetischen Störkörper wurde durch die errechneten Modellplatten unterstrichen. Selbst bei dem großen Schwankungsbereich der möglichen Suszeptibilitäten kann kein magnetischer Körper gefunden werden, der sich mit dem seismischen bzw. gravimetrischen Modell deckt. Wie kann dennoch eine Verbindung hergestellt werden?

Man darf bei dieser Frage die von Giese (1968) und Berckhemer (1968) postulierte Zone rezenter Anatexis nordwestlich unter dem Ivrea-Körper nicht unberücksichtigt lassen. Mit über 700 °C würde die Nordwestflanke des Ivrea-Körpers eine Temperatur über dem Curiepunkt besitzen und somit auch nicht magnetisch wirksam sein. Es erscheint dennoch fraglich, ob sich der seismisch gefundene Störkörper allein aus diesem Grund auf den gefundenen magnetischen Modellkörper verringern würde. Diese Erklärung erscheint zu spekulativ.

Ganz zwanglos löst sich dagegen das Problem, wenn man als Quelle der magnetischen Störung Biotit-Amphibolit ansieht. Dieses Material erbringt für die Suszeptibilität den gewünschten Wert (s. o.) und es treten Amphibole und Hornblende-Peridotite vorwiegend an der SO-Flanke der seismischen Störungszone auf. Es zeigen sich auch im Anstehenden mit den gefundenen Modellen vergleichbare Breiten (Schmid in Lensch, 1968a).

Die magnetische Anomalie wird hierdurch auf eine bestimmte Komponente des Gesamtstörkörperkomplexes bezogen. Dies widerspricht den Ergebnissen der Seismik und Gravimetrie nicht, da diese sich besonders

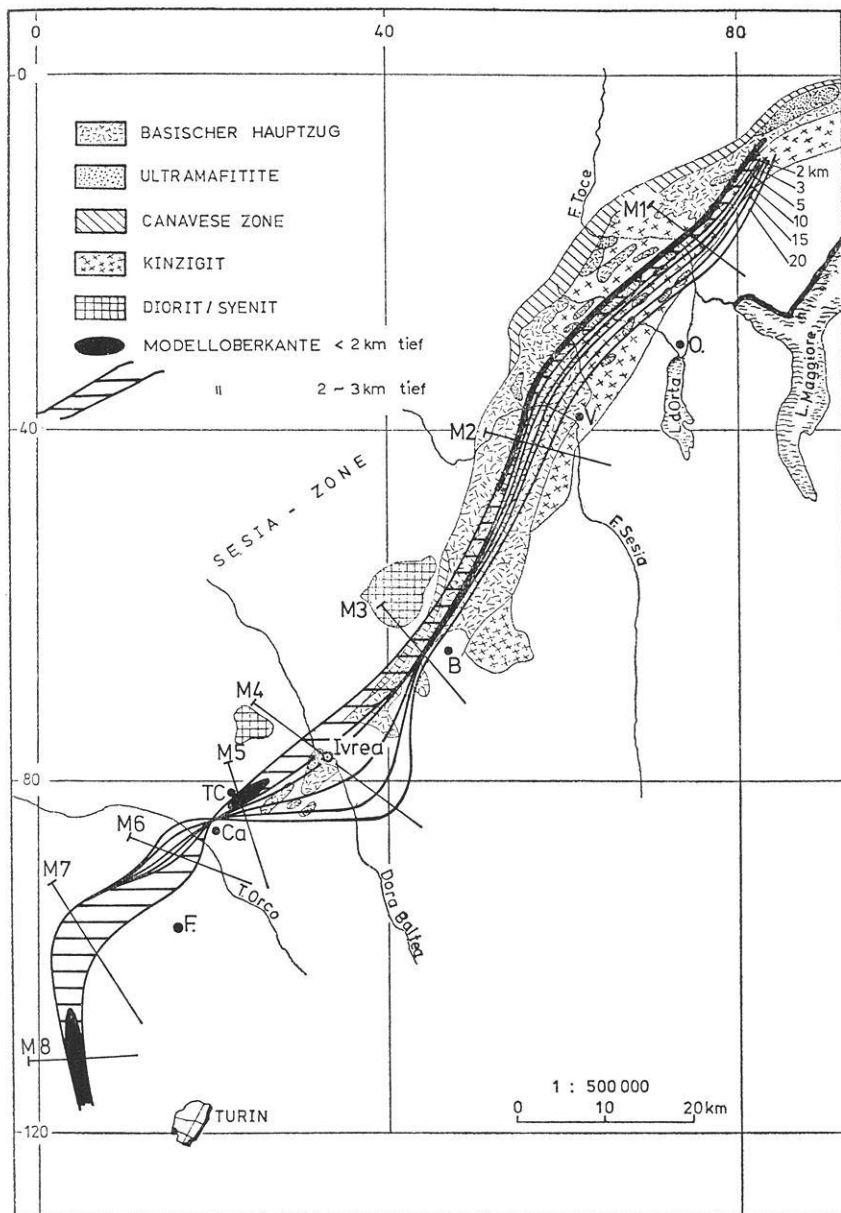


Abb. 7. Tiefenlinienplan des mittleren magnetischen Ivrea-Körpers

auf die den Ultrabasiten eigenen hohen Dichten und seismischen Geschwindigkeiten beziehen. Die Magnetik bestätigt damit die Annahme des steil gestellten Erdkrustenschnittes und liefert Anhaltspunkte für die Struktur der Unterkruste. Eine Durchsetzung, Verschuppung oder Wechsellagerung von Peridotit mit Amphibolit läßt sich aus der vom seismischen Körper abweichenden Plattenneigung erkennen (Abb. 7).

Die Isolinien- und Tiefenlinienkarten zeigen, daß die Platte Zeichen tektonischer Beanspruchung aufweist, die auch von den Modellen durch Überkippen bestätigt werden.

Die Modellplatte kann nur als Grundmodell angesehen werden. Insbesondere die Oberkante wird in Wirklichkeit wesentlich vielgestaltiger sein, als es im Modell angenommen wird. Die kurzwelligen Anteile lassen auch oberhalb des Körpers bis zur Erdoberfläche magnetisches Material erkennen.

Diese Untersuchung wurde im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Unternehmen Erdmantel“ mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Die Anregung zu dieser Arbeit stammt von Prof. Dr. H. Berckhemer, dem ich auch für die kritische Durchsicht des Textes danke. Erste Meßergebnisse wurden anläßlich einer Exkursion des Frankfurter Universitätsinstituts für Meteorologie und Geophysik 1969 gewonnen. An den weiteren Feldarbeiten haben die Herren K. Lorenzen und N. Merz teilgenommen. Herrn W. Mahler danke ich für die Ausführung der Zeichenarbeiten. Nähere Einzelheiten über die Meßdaten und die Bearbeitungsmethoden finden sich in der Diplomarbeit des Verfassers, die im Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt (1973) eingereicht wurde.

#### *Literatur*

- Berckhemer, H.: Topographie des Ivrea-Körpers abgeleitet aus seismischen und gravimetrischen Daten (German Research Group for Explosion Seismology) Schw. min. petr. Mittlg., 48, Heft 1, 1968
- Bosum, W.: Ein automatisches Verfahren zur Interpretation magnetischer Anomalien nach der Methode der kleinsten Quadrate. Geophys. Prosp. XVI, 107–116, 1968
- Fromm, K., Giesel, W., Hänel, R.: Physikalische Gesteinsparameter — gemessen an Proben aus der Ivreazone. (Bericht der Bundesanstalt für Bodenforschung Hannover-Buchholz, Alfred-Bentz-Haus, 1970
- Giese, P.: Die Struktur der Erdkruste im Bereich der Ivrea-Zone. Ein Vergleich verschiedener seismischer Interpretationen und der Versuch einer petrographisch-geologischen Deutung. Schw. min. petr. Mittlg., 48, Heft 1, 1968
- Kaminski, W. u. Menzel, H.: Zur Deutung der Schwereanomalie des Ivrea-Körpers. Schw. min. petr. Mittlg., 48, Heft 1, 1968
- Lensch, G.: Die Ultramafite der Zone von Ivrea und ihre geologische Interpretation und: Geologischer Führer zu den Exkursionen des Symposiums „Zone Ivrea-Verbano“. Schw. min. petr. Mittlg., 48, Heft 1, 1968 a
- Lensch, G.: Der normative Mineralbestand von Mafititen. N. Jb. Miner. Mh. 9, 1968 b

- Nagata, T.: Rock Magnetism. Chap. III, 77 u. 97; Chap. IV, 126. Maruzen Comp. Ltd., Tokio, 1961
- Pavoni, N.: Gesteinsmagnetische Untersuchungen in der Zone von Ivrea NW von Brissago. Schw. min. petr. Mittlg., 48, Heft 1, 1968
- Weber, E. K., Gassmann, F., Niggli, E., und Röhli, H.: Die magnetische Anomalie von Locarno. Schw. min. petr. Mittlg., 24, Heft 2, 1949

G. Albert  
Institut für Meteorologie und Geophysik  
D-6000 Frankfurt am Main  
Feldbergstraße 47  
Bundesrepublik Deutschland