

Ergebnisse von Gravimetermessungen in Vorarlberg und ihre Beziehungen zum nahen Untergrund

Autor(en): **Breyer, Friedrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **37 (1970-1971)**

Heft 92

PDF erstellt am: **16.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-197285>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ergebnisse von Gravimetermessungen in Vorarlberg und ihre Beziehungen zum nahen Untergrund ¹⁾

von FRIEDRICH BREYER *)

mit 8 Figuren

Zusammenfassung

Gravimetermessungen wurden in Vorarlberg mit verschiedenem Stationsabstand ausgeführt. Das gesamte Rheintal und die Gebiete der Ungefalteten und Gefalteten Molasse sind engmaschig vermessen worden, das übrige Gebirgsland mit Abständen von 2 bis 7 km auf den befahrenen Strassen; dazwischen blieben einige grössere Lücken. Die daraus berechneten Bouguer-Anomalien zeigen die bekannte grosse negative Anomalie der Alpen fast bis in das Zentrum hinein. Die im Rheintal und im Molassebergland erkennbaren Lokalanomalien wurden nach Abzug einer einfachen Regionalanomalie in grösserem Maßstabe gesondert dargestellt. Im Rheintal ist die kräftige negative Wirkung der jüngsten pleistozänen Sedimente im Gegensatz zu den positiven Anomalien der Zeugenberge des Helvetikums deutlich zu sehen. Als neues Element tritt eine Art tektonischer Barre in Erscheinung, die den Bodensee vom Alpenrheintal trennt. Im Molassebergland interferieren verschiedenartige Anomalien miteinander, deren Ursache in ganz flachen Teufen zu suchen ist. Im weitmaschig vermessenen Gebiet finden sich Andeutungen einer positiven Anomalie über dem Helvetikum und einer negativen über der Flyschzone.

Abstract

Gravity measurements were performed in Vorarlberg. The valley of the Rhine and the mountainous regions of the not folded and folded Molasse were covered with a close net of stations. The remaining part of the mountainous country was measured along the carragiable roads in intervals of one to 4 miles, leaving some larger areas empty. – The Bouguer anomalies show the well known remarkable decrease of gravity nearly on the centre of the alpine minimum. – The more local anomalies of the Rhine valley and of the Molasse mountains are given separately, after the reduction of a simple regional anomaly in a larger scale. – In the Rhine valley the strong negative influence of the youngest sediments of pleistocene age is clearly visible in contrast to the positive anomalies induced by the «zeugenbergs» of the Helvetikum. As a new element a tectonic barrier appears separating the Lake Constance and the valley of the Rhine. – The Molasse mountains are characterized by various interfering anomalies of smaller dimensions whose producing bodies of slightly variable density must lie in rather shallow depths. – In the mountainous parts covered with a wide meshed net of stations, indications of a positive anomaly above the area covered by the Helvetikum and of a negative anomaly above the Flysch zone were found.

Die folgenden Ausführungen berichten von einem Versuch, Gravimetermessungen, die von verschiedenen Voraussetzungen her begonnen wurden, einander anzugleichen, um einen geschlossenen Überblick über die Schwereverhältnisse in Vorarlberg zu ge-

*) Dr. Ing. FRIEDRICH BREYER, D-3000 Hannover, Kettlerweg 5.

¹⁾ Als Vortrag gehalten auf der 37. Jahresversammlung der Vereinigung Schweiz. Petrol.-Geol. und -Ing. in Lindau (Bodensee) am 20. Juni 1970.

winnen. Nach verschiedenen Ansätzen, den Ausgleich vollständig herbeizuführen, habe ich mich damit begnügt, die Differenzen an den Grenzen der Messgebiete bestehen zu lassen, da es nicht meine Aufgabe sein konnte, die topographischen Reduktionen noch einmal, und zwar jetzt nach einer für beide Gebiete gleichen Methode und Reichweite auszuführen.

Von der Nordgrenze Vorarlbergs bis an den Breitengrad $47^{\circ}24'$ liegen Gravimetermessungen der Prakla GmbH, Hannover, vor, die im Auftrage der Vorarlberger Erdöl-Gesellschaft und der Preussag AG ausgeführt worden sind. Es wurde im Ganzen auf 1125 Stationen gemessen. Der mittlere Punktabstand beträgt 525 m. Gegenstand der Messung war die Ungefaltete und die Gefaltete Molasse. Den beiden genannten Gesellschaften danke ich auch an dieser Stelle für die Genehmigung zur Veröffentlichung der Resultate.

Die Messungen von Herrn Dr.-Ing. R. ZECH, Feldkirch, erstrecken sich über das ganze Land Vorarlberg. Sie wurden von ihm der Vorarlberger Erdölgesellschaft und der Prakla-GmbH überlassen. Durch die Prakla wurde ein grösserer Teil dieser Messungen mit ihren eigenen Messungen verknüpft. Es handelt sich dabei um diejenigen im Rheintal, die nördlich des oben angegebenen Breitengrades liegen. Ihr Abstand von 400 bis 1000 m variiert je nach der Intensität der Schwerestörung. Ferner verdanke ich der Prakla noch die Berechnung der Zechschen Messresultate im südlichen Teil des Rheintals bis an die liechtensteinische Grenze, die ebenfalls im Abstand von 400 bis 1000 m vorliegen, und endlich die Berechnung der weitmaschigen Messungen von Herrn Dr. ZECH im Bregenzer Wald von der Südgrenze der Gefalteten Molasse an bis in die Hochgebirgsregion. Der Abstand dieser Messungen variiert entlang der Messwege von 2 bis 7 km. Daneben bestehen im weglosen Hochgebirge einige grössere Lücken. Es handelt sich im Ganzen um 785 Messungen. Herrn Dr. ZECH gebührt mein besonderer Dank für die grosszügige Genehmigung zur Verwendung und Veröffentlichung seiner Messungen. Meines Erachtens muss man das Wagnis und die Initiative besonders hoch bewerten, die durch seine Messungen in einem so schwierigen Gebiet dokumentiert wurden.

Schliesslich gilt mein herzlicher Dank Herrn Dipl.-Ing. H. RIES von der Prakla-GmbH, Hannover, für seine unverdrossene Mitwirkung und Beratung bei dieser ungewöhnlichen Aufgabe.

Die Bearbeitung der Messergebnisse besteht im wesentlichen aus folgenden Abschnitten:

Herstellung einer Karte der Bouguer-Anomalien,
Wahl eines geeigneten Regionalfeldes,
Herstellung einer Karte der Restanomalien sowie
Versuche zur Deutung der Anomalien auf Grund geologischer Anhaltspunkte.

Für den Entwurf einer Karte der Bouguer-Anomalien waren, da nicht alle topographischen Reduktionen nach dem gleichen Schema ausgeführt werden konnten, die Unterschiede der resultierenden Werte an der Grenzlinie der beiden verschieden bearbeiteten Messgebiete zu ermitteln.

Die Prakla-Messungen sind an die deutschen Stationen Rauhenzell und Oberstausen angeschlossen, die von Herrn Dr. ZECH an drei Pendelstationen in Bregenz, Rankweil und Hohenems. Der Freundlichkeit von Herrn Dipl.-Ing. RIES verdanke ich eine Zusammenstellung von Parallelmessungen an identischen Punkten im Gelände, die der Bestimmung der Schwere-Niveau-Differenz zwischen den Messungen der Prakla und von Dr. ZECH dienen.

Die Anschlussdifferenz gibt die folgende Tabelle:

Stations-Nr. Dr. ZECH	Bezeichnung	g in mgal		Differenz Prakla-ZECH
		n. Dr. ZECH	n. Prakla	
200	TP 89 Schw HB Kirche Hohenems	980 627,74	624,77	— 2,97
721	TP 32 Turmbolzen Kirche Dornbirn/Stadt	635,77	633,02	— 2,75
548	TP 41 Turmbolzen Kirche Schwarzbach	644,18	641,17	— 3,01
444	TP 61 Turmbolzen Kirche Lauterbach	657,75	654,89	— 2,86
			Summe:	—11,59
			Mittel:	— 2,90

Zu der Differenz der Ergebnisse trägt ferner die verschieden weite Ausdehnung der topographischen Reduktion bei. Sie wurde von Prakla bis 20 km, von Dr. ZECH bis 40 km Umkreis ausgeführt. Mehrere Vergleiche, die der Prüfung dieses Effektes dienten, zeigten die zu erwartende deutliche Änderung. Schliesslich spielten noch die verschiedenen Dichtewerte für die oberste angetroffene Schicht eine Rolle. Im Messgebiet der Prakla wurde die Dichte 2,6 verwendet, ebenso im Gebirgsanteil der Messungen von ZECH. Im Rheintal südlich von $47^{\circ}24'$ dagegen habe ich die von Herrn Dr. ZECH mit örtlich variierender Dichte berechneten topographischen Reduktionen beibehalten. Sie machen wegen der meist geringen Unterschiede gegenüber dem Wert 2,6 und der dort gleichfalls geringen Höhenunterschiede nur wenig aus.

Der Unterschied der Bouguer-Werte beträgt infolge dieser drei Differenzen an der Grenze der beiden Messgebiete zwischen 3 und 4 mgal. Diese Differenz kann aus der Karte der Bouguer-Anomalien und der Karte der Restwerte unschwer entnommen werden.

Das Ergebnis ist der Plan der Bouguer-Anomalien in Abb. 1. Der Vergleich mit der Schwerekarte von Österreich, Ausgabe 1965 von E. SENFTL, zeigt auf den ersten Blick eine Niveaudifferenz von 20 mgal. Sie ist schnell erklärt.

E. SENFTL, 1965, verwendet ebenso wie K. GERKE, 1957, für die entsprechende Karte der Bundesrepublik Deutschland die Internationale Schwereformel von 1931, während die Prakla die Helmert'sche Formel von 1901 beibehalten hat. Die Differenz beider Formeln ergibt für die Breite $47^{\circ}30'$ folgenden Wert:

$$\gamma_{\circ} 1931 - \gamma_{\circ} 1901 = + 12,89 \text{ mgal.}$$

Da dieser Wert von den gemessenen Werten «g» abgezogen wird, sind die Werte von E. SENFTL um diesen Betrag niedriger. Er ändert sich mit der Breite um einige Hundertstel:

$$\begin{array}{lll} \text{Bregenz} & 47^{\circ}30' & + 12,89 \text{ mgal} \\ \text{Feldkirch} & 47^{\circ}15' & + 12,83 \text{ mgal.} \end{array}$$

Eine weitere Differenz besteht in der Wahl des Bezugs-Niveaus und der Dichte zwischen diesem und dem Meeres-Niveau. Prakla rechnet nach dem Vorbilde der Kommission für die geophysikalische Reichsaufnahme mit einer Dichte von 2,4 unter dem Bezugs-Niveau von 600 m über N.N. K. GERKE rechnet mit der Dichte 2,67 zwischen der Stationshöhe und dem Meeresniveau, d. h. ohne Zwischenschaltung eines Bezugs-Ni-

veaus. Es entsteht also eine Differenz in Höhe der Wirkung einer Platte von 600 m Dicke und 0,27 Dichte. Es ergibt sich ein Unterschied (nach K. JUNG, 1961, S. 75) von

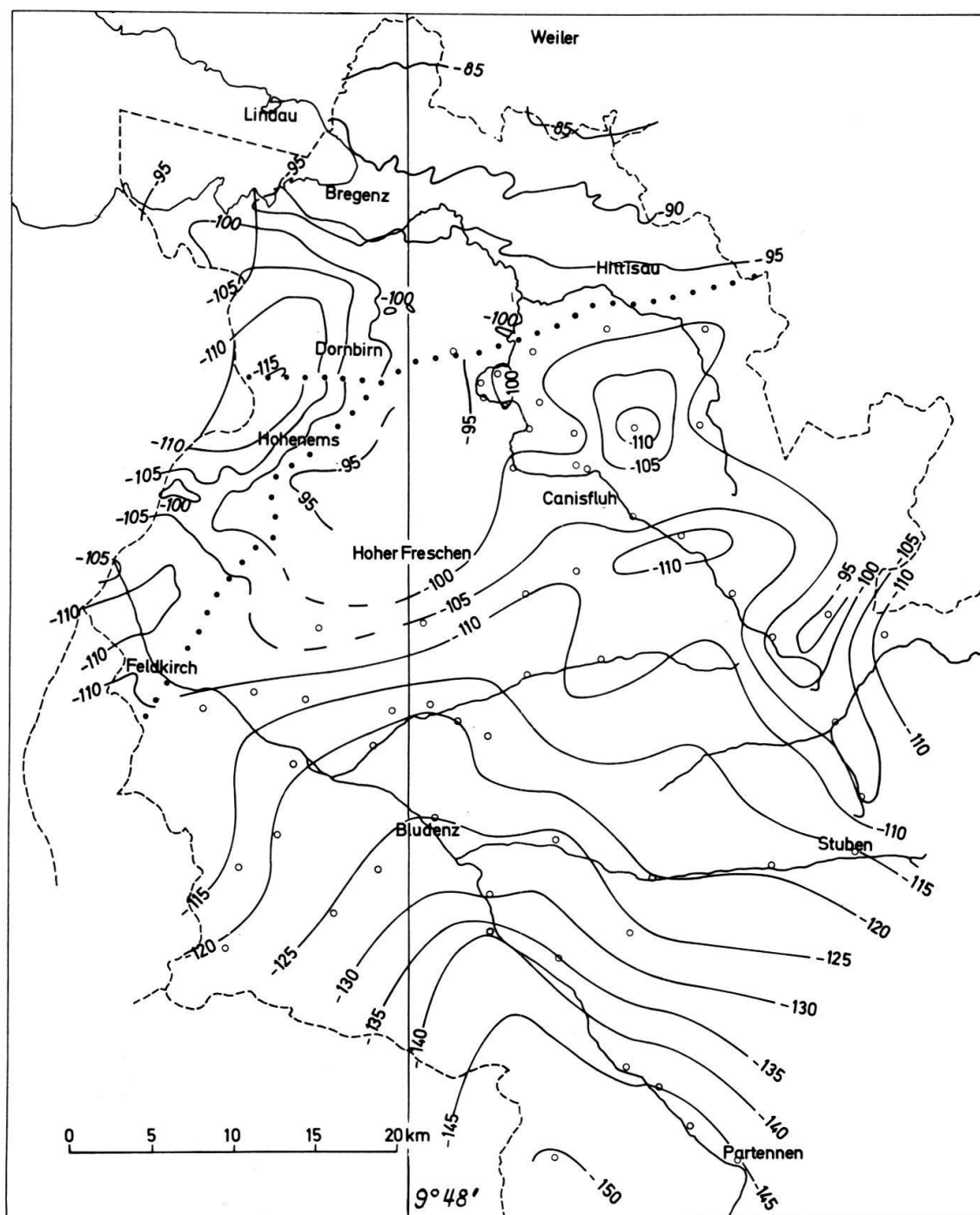
$$g = 0,04191 \cdot 0,27 \cdot 600 \text{ mgal} = 6,79 \text{ mgal}.$$


Abb. 1: Bouguer-Anomalien. – Durch die Punktreihen werden die Messgebiete abgegrenzt. Im Norden liegt das Messgebiet der Prakla, südlich davon im Rheintal das engvermessene Gebiet von Dr. R. ZECH, südlich und östlich dieser beiden das weitmaschig vermessene Gebiet von Dr. ZECH. Nur in diesem sind die Messpunkte angegeben als offene Kreise. Alle anderen Messpunkte findet man in den Abb. 4 bis 8. Der Wert innerhalb der -110 mgal-Linie nordöstlich der Canisfluh (östlich Bizau) enthält vermutlich einen Messfehler. Der Wert ca. 7 km südwestlich des Hohen Freschen (Bonacker), wo die Isogammen gerissen gezeichnet sind, ist deutlich mit einem Fehler behaftet. Er wurde aus diesem Grunde nicht verwendet. Alle anderen Werte wurden beim Entwurf der Isogammen berücksichtigt.

Beide Differenzen erklären zusammen die oben genannte Differenz von ca. 20 mgal bis auf ca. 0,3 mgal.

Die Bouguer-Karte (Abb. 1) zeigt zunächst deutlich die regionale Zunahme der negativen Bouguer-Anomalie um ca. 80 mgal zwischen dem Alpenrand im Norden und den Stationen im Silvretta-Gebiet im Süden, wo wir uns bereits nahe dem Zentrum der Alpen-Anomalie befinden. Im einzelnen bietet sie infolge der sehr viel zahlreicheren Messungen bemerkenswerte Abweichungen gegenüber dem bisher bekannten Bilde, z. B. bei K. SCHÜRTE, 1930, oder E. SENFTL, 1965. Sie lässt eine Reihe von grösseren Anomalien erkennen, die der Alpen-Anomalie überlagert sind. Sehr deutlich und ihrer Herkunft nach leicht anzusprechen ist eine negative Anomalie im Rheintal, undeutlicher ein Maximum in der Gegend des Hohen Freschen und ein Minimum bei Au an der Brenzer Ache.

Um die örtlichen Anomalien besser heraustreten zu lassen, wurde ein Regionalfeld willkürlich bestimmt und stationsweise subtrahiert. Es entspricht einem nach Norden gerichteten Gradienten von 10 E ($1 \text{ E} \ddot{\text{o}}\text{tv}\ddot{\text{o}}\text{s} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ CGS}$). Aus dem Schwereprofil, Abb. 2, ist abzulesen, in welchem Masse das Regionalfeld dem Verlauf der Bouguer-Anomalien entspricht und wie sehr es abweicht. Man erkennt, dass der Gradient von 10 E im Bereich der Molasse der Bouguer-Anomalie recht gut entspricht. Dies macht sich in den Kärtchen der Abb. 4 bis 7, soweit sie die Molasse darstellen, durch sehr geringe um Null pendelnde Lokalanomalien deutlich bemerkbar.

Unmittelbar südlich des Molassesüdrandes ist der Gradient mit einem Mal sehr viel kleiner und kehrt sogar stellenweise in die südliche Richtung um. Beim Übergang in die Flyschregion wird er fast ebenso plötzlich doppelt so gross wie im Norden und verringert sich in der kalkalpinen Region wieder. Die Restanomalien werden wieder sehr klein.

Dieses Nord-Süd-Profil hat jedoch nur bedingt Gültigkeit für das ganze Gebiet, wie Abb. 3 zeigt. Versucht man hier, eine Abhängigkeit der Restanomalien von den tektonischen Einheiten herauszufinden, so stösst man bald auf Schwierigkeiten. Trotzdem lohnt es sich, der Verteilung der Maxima und Minima mit aller Vorsicht nachzugehen.

Zunächst fällt ein kräftiges Maximum am Hohen Freschen und nördlich davon ins Auge. Seine südliche Begrenzung liegt, wie schon aus Abb. 2 zu ersehen war, an der Grenze gegen die Flyschregion, die Nordgrenze bei dem Übergang zur Molasse. Nach WSW kann man es durch das Rheintal weiterverfolgen. Kummenberg mit 13 mgal und Eschner Berg mit 14 mgal haben fast so hohe positive Restanomalien. Nach ONO wird die Fortsetzung schmaler und schwächer. Nach Süden folgt auf diesen positiven Zug ein schmäleres Band von Anomalien mit kleinerem Betrage. Es fällt ungefähr mit dem Flysch zusammen, der von ONO aus dem Kleinen Walsertal kommend nach WSW in das Grosse Walsertal hineinstreicht. In auffälliger Analogie zu dem Verschmälern der Flyschzone nach W hin scheint auch dieses relative Minimum zu verschwinden. Südlich der Flyschzone ist die Anordnung der Anomalien jedoch nahezu senkrecht zu der eben beschriebenen, nämlich in NNW-SSO-Richtung. Zwei Maxima, eins an der Grenze gegen Liechtenstein, eins in der Gegend des Arlberg- und des Hochtannbergpasses, sind durch ein etwa N-S gestrecktes relatives Minimum getrennt. Hier drängen sich die geologischen Parallelen keineswegs so deutlich wie im Norden auf und man wird vorläufig von weiteren Deutungen Abstand nehmen müssen.

Es scheint mir aber aus diesen Messungen als methodisch wichtig für künftige Interpretationsversuche hervorzugehen: Man muss die an der Oberfläche erkennbaren, verschieden dichten tektonischen Massen bei der Deutung der Schwereanomalien berücksichtigen, wenn man das Massendefizit in grösseren Tiefen abschätzen will. Es ist damit zu rechnen, dass lokale Schwereanomalien im Betrage von 10 mgal aus den obersten 5 km Tiefe stammen. Eine Dichtedifferenz von $0,05 \text{ g/cm}^3$ würde ausreichend sein, diese

Anomalie hervorzurufen. Schliesslich ist auf eine gewisse Ähnlichkeit dieses Schwereprofils aus Vorarlberg mit den entsprechenden Profilen aus der Ostschweiz (F GASSMANN und D. PROSEN, 1948) und über Salzburg (M. H. P. BOTT, 1954) hinzuweisen.

Die in Abb. 3 stark verkleinert wiedergegebenen Restanomalien der engvermessenen Gebiete sind in den Abb. 4 bis 8 in fünffachem Maßstabe dargestellt (1:500000 resp. 1:100000). Die notwendig gewordene Aufteilung wurde so vorgenommen, dass in Abb. 4 hauptsächlich die Ungefaltete Molasse erscheint. Südliche Teile davon sind in Abb. 5 und 6 enthalten. Auf Abb. 5 entfällt die Gefaltete Molasse, kleinere Teilstücke auf Abb. 4 und 6. Das Rheintal mit seinen besonders ausgeprägten Anomalien ist in den Abb. 6, 7 und 8 von Norden nach Süden dreigeteilt dargestellt.

In Abb. 4, Ungefaltete Molasse, finden sich unter den zahlreichen kleinen Anomalien einige, die sowohl durch ihre Lage und Form wie durch Vorzeichen und Betrag eine

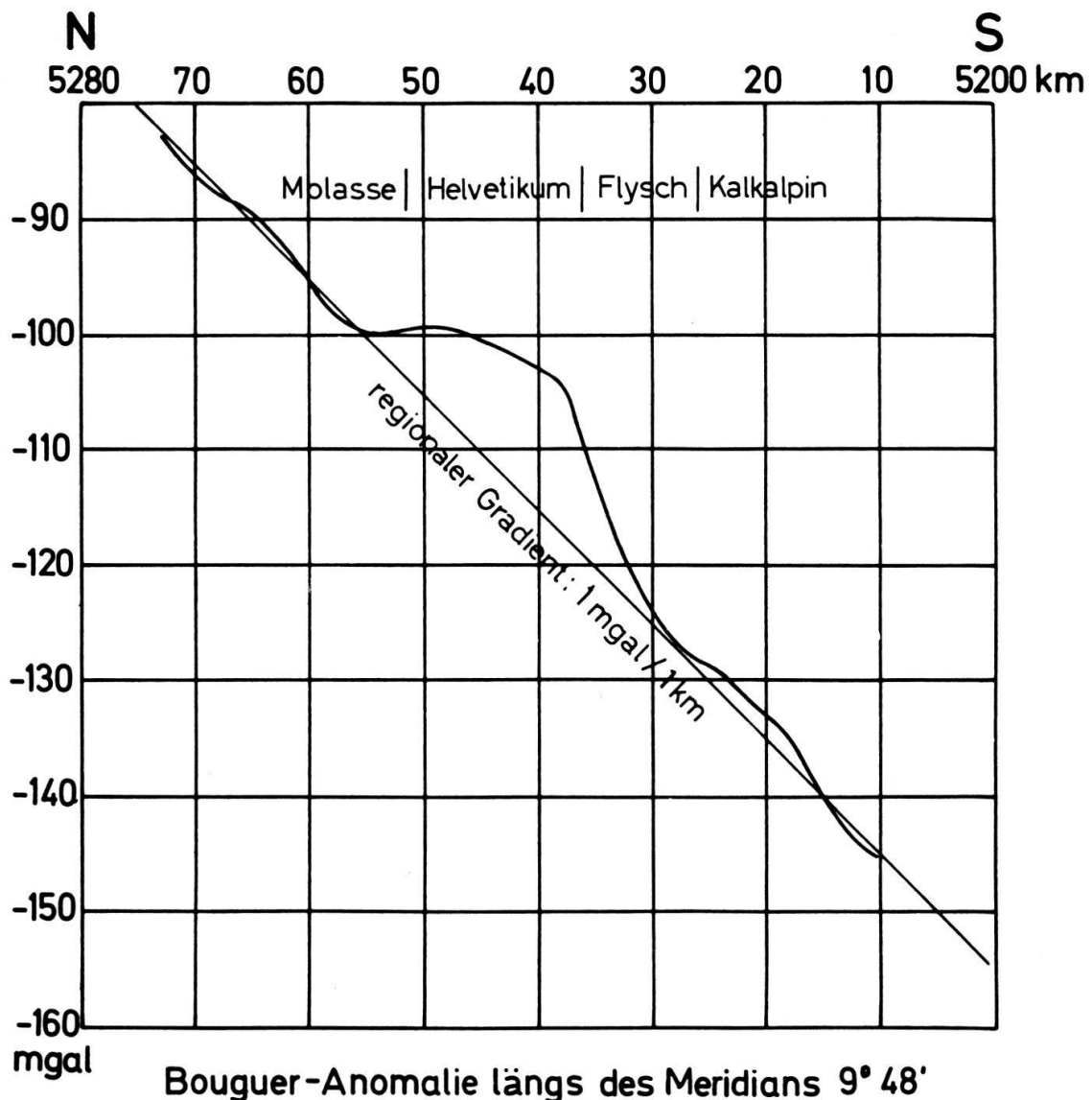


Abb. 2: Bouguer-Anomalie längs des Meridians 9° 48', darüber die Grenzen der tektonischen Einheiten. Die Diagonale stellt die angenommene regionale Anomalie dar. Die 4 mgal betragende Differenz zwischen den Messungen von Prakla und Dr. ZECH ist ausgeglichen. Dadurch erscheinen die Restwerte im Südabschnitt um 4 mgal kleiner als in Abb. 3.

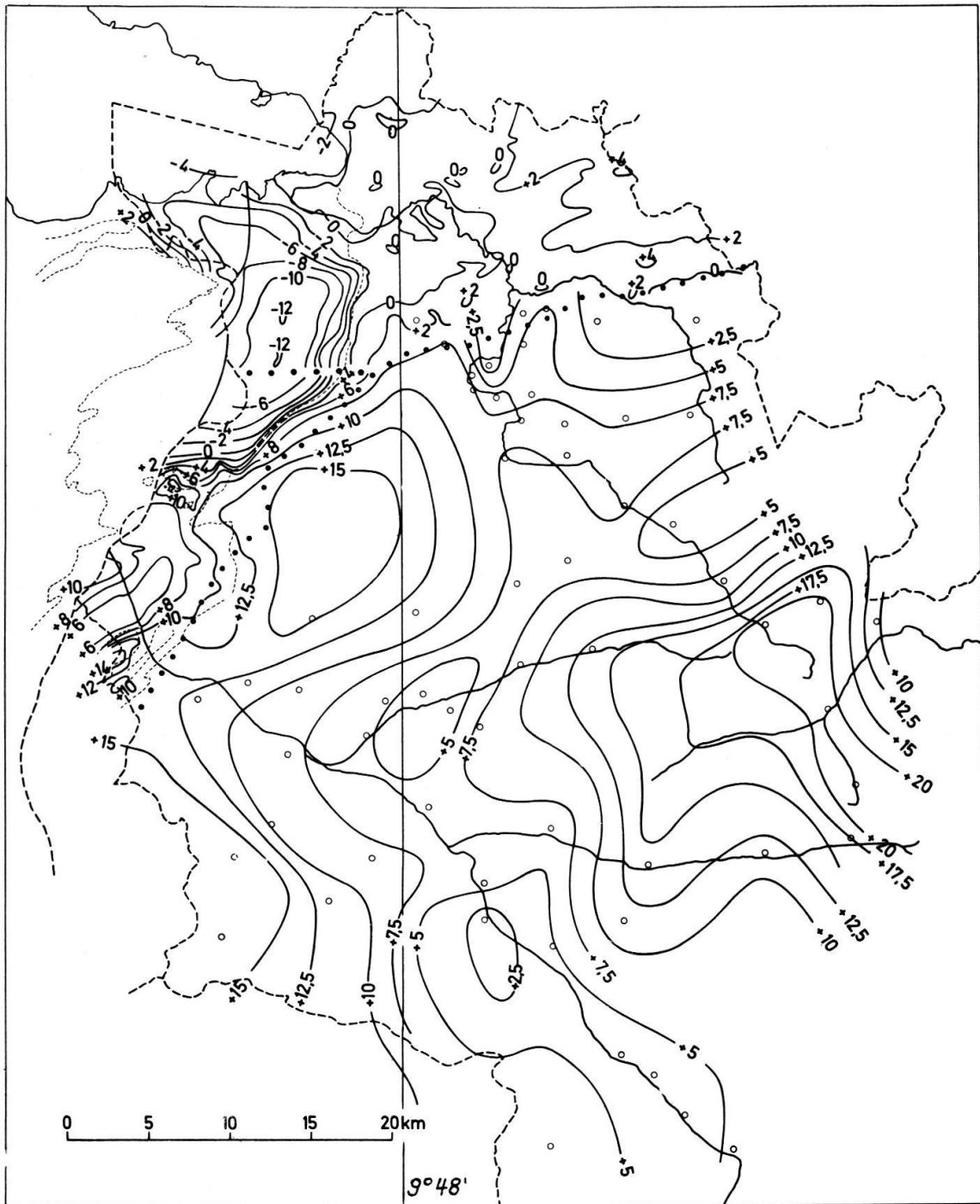


Abb. 3: Übersicht über die Rest-Anomalien, im weitmaschig vermessenen Gebiet im Abstand von 2,5 mgal, im engmaschigen Gebiet im Abstand von 2 mgal. Der Wert östlich Bizau wurde nicht verwendet. Die Punktreihe wie in Abb. 1.

Deutung ermöglichen. Im Bodensee ist zwischen Bregenz und der Landesgrenze eine negative Anomalie angedeutet. Da bei der topographischen Reduktion die Einwirkung der Wassermasse des Sees berücksichtigt wurde, dessen Tiefenlinien bekannt sind, darf man annehmen, dass im See eine Schicht leichterer Sedimente liegt, für die die Dichte der Bouguer-Reduktion zu hoch ist. – Der Schuttfächer der Laiblach, des Grenzbaches zwischen Bayern und Vorarlberg, stellt offenbar eine im Untergrund liegende störende Masse dar. Die negative Anomalie beträgt ca. 2,5 mgal gegenüber der Umgebung. Dies

würde einer Schottermasse von 150 m Dicke und einer Dichte von 2,2 entsprechen. – Eine Gruppe von positiven und negativen Anomalien, die ebenso gerichtet sind wie die Gipfelplateaus, findet sich im Gebiet des Pfänders und Hochberges und des östlich davon gelegenen Hirschberges und des von beiden eingeschlossenen Tales. Diese Abhängigkeit von der Landschaftsform lässt darauf schliessen, dass die für die sichtbaren Massen angewendete Dichte 2,6 hier, im Bereiche der jüngsten Sedimente der Ungefalteten Molasse zu hoch ist. Das Ergebnis sind die relativen Minima auf den Höhenrücken. – Weiter im Osten treten neue, hier nun SW–NO-streichende Höhenzüge auf. Über den Sulzberg mit dem gleichnamigen Dorf verläuft die «Nördliche Antiklinale», die zur Gefalteten Molasse überleitet. In der SO-Ecke steigen die Meereshöhen bis 1355 m auf dem Kamm des Kojen an, der zum grössten Teil auf Abb. 5 liegt. Die Deutung resp. Zuordnung der lokalen Anomalien begegnet grösseren Schwierigkeiten als weiter im Westen, weil öfters Anomalien auftreten, die nur durch einen einzelnen Messpunkt vertreten sind. Man könnte solche Werte kurzerhand vernachlässigen. Da aber ähnliche Kontraste auch doppelt und dreifach belegt vorhanden sind, kann man mindestens vermuten, dass ein solcher einzelner Wert bei engerem Messnetz sich doch noch als reell erweisen würde. Eine Hilfe bei der Beurteilung solcher auffälliger Werte bringt die gute Kenntnis der geologischen Verhältnisse der Molasse an der Oberfläche, aus der eine entsprechende Kenntnis bis in 1000 m oder gar 2000 m Tiefe folgt. Die Ursachen der kleinräumigen Anomalien sollte man aus der Gestaltung der Oberfläche oder aus der Quartärgeologie ablesen können. Solche Anomalien treten tatsächlich auf. Noch deutlicher kommen sie auf der südlich anschliessenden Abb. 5 vor. – Der Rest der Anomalien zeigt eine allgemeine Zunahme in östlicher bis nordöstlicher Richtung. Ein Zusammenhang mit den oben genannten Höhenzügen Sulzberg und Kojen ist angedeutet. Wieder zeigt sich eine geringe Differenz gegenüber dem wahren Wert in der für die Massenkorrektur gewählten Dichte, diesmal in entgegengesetztem Sinne. Da nach Osten hin die Nagelfluhmassen des Hochgratfächers, die in hohem Masse aus Kalkgesteinen bestehen, immer mehr zunehmen, darf eine in dieser Richtung zunehmende positive Dichteänderung angenommen werden.

In Abb. 5 finden sich verschiedene Erscheinungen wieder, die schon in Abb. 4 beobachtet worden sind: Die Reststörungen nehmen nach NO hin zu. An den unteren Talteilen der Weissach und der Subersach sind relative Minima zu beobachten, die von den quartären Ablagerungen herrühren (Siehe A. TORNQUIST, 1908, F. X. MUHEIM, 1934, und G. WAGNER, 1950, S. 67, Abb. 30!). In der Gegend von Alberschwende tritt ein Minimum auch auf der Hochfläche auf. Dort ist ebenfalls die Molasse von Quartär bedeckt. Siehe besonders: G. WAGNER, 1950, S. 63, Abb. 29, und L. M. KRASSER, 1940, Karte 2!

Am Brüggele findet sich eine anscheinend von den dort vorhandenen Molassenagelfluhen hervorgerufene lokale positive Störung. In ihrer nördlichen Fortsetzung tritt eine etwa ebenso gut belegte negative Störung auf. Bei einem Besuch der Lokalität zeigte sich, dass dort eine mächtige Lokalmoräne liegt. Sie war durch den Strassenbau sehr gut aufgeschlossen. Ihre Mächtigkeit reicht aus, die vorhandene Anomalie zu erklären.

Am Südrand des Messgebietes westlich der Bregenzer Ache zeigt sich gerade noch der Nordrand einer positiven Anomalie. Sie scheint mit dem hier einsetzenden Helvetikum zusammenzuhängen.

Abb. 6 enthält zu ungefähr gleichen Teilen im Westen das Alpenrhein-Tal mit dem Bodensee, im Norden und im Osten die Ungefaltete und Gefaltete Molasse sowie den Nordrand des Helvetikums im Süden.

Das benutzte Regionalfeld lässt die negative Anomalie des Rhein-Tals in voller Stärke hervortreten. Damit kann man die Talfüllung mit jüngsten Sedimenten unmittelbar be-

rechnen, wenn man sich an die von W. HUF, 1963, für die Bohrung Dornbirn 1 angegebene Mächtigkeit hält. Eine grössere Anzahl lokaler Anomalien ist bemerkbar, die z. T. unmittelbar mit geologisch bekannten Strukturen kombiniert, z. T. zur Lokalisierung bisher unbekannter störender Massen verwendet werden können.

Zu den zu erwartenden bzw. länger bekannten Effekten gehört das bereits erwähnte grosse Minimum des Rheintales.

Erst durch diese Messungen ist eine nach Westen vorspringende Barre von Molasse im flachen Untergrunde herausgekommen, die den Bodensee vom Rheintal bis weit über die Mitte des Tales abtrennt. Die Figuration der Barre kann in Einzelheiten angegeben werden. Daraus ergeben sich einige Hinweise auf die quartäre Fluss- und Landschaftsgeschichte. So erweist sich jetzt die morphologische Einsattelung zwischen Gebhardsberg und Riedenburg als eine Folge der Beschaffenheit des Untergrundes. Offenbar steht hier die Molasse dicht unter Tage an. Damit im Zusammenhang steht zweifellos die im Bett der Bregenzer Ache zwischen Eisenbahn- und Strassenbrücke anstehende Molasse, die bisher noch in keiner geologischen Karte enthalten war. – Die Bregenzer Ache fliesst zunächst eine Strecke von Osten nach Westen am Südrand der Barre, danach läuft sie schräg in NW-Richtung darüber hinweg. Eine Untersuchung des Alters dieser wohl an die Grenze Aquitan/Burdigal gehörenden Schichten wäre von Interesse, um die Frage zu klären, ob die Barre ungestört mit der Pfändermasse in Verbindung steht oder durch Störungen abgesetzt ist. Im ersteren Falle könnte es sich um einen gegen die Erosion widerstandsfähigen Rest von marinem Burdigal handeln.

Der Untergrund des Rheintals wird durch einige Besonderheiten in der Schwereverteilung gegliedert. An seinem Nordrand kann man mehrere Stadien der Flusserosion und der Zufüllung des Beckens erkennen. Die Bregenzer Ache ist offenbar erst im letzten Stadium ganz nach Norden an die Südgrenze der oben erwähnten Barre gedrängt und schliesslich gezwungen worden, darüber hinwegzulaufen.

Geht man schrittweise nach Süden, so kommt man an den überaus auffälligen, scharfen Knick der Isogammen zwischen Schwarzach und Rickenbach. Die dort vorhandene Einbuchtung des Rheintals in das Gebirge wiederholt sich etwas nach Süden verschoben im Schwerebild. Es ist ziemlich genau die Stelle, wo ARN. HEIM die Achse der «Nördlichen Antiklinale» in die Ebene austreten lässt. Es scheint daher eine enge Beziehung zwischen Beckengestalt und Untergrundbeschaffenheit zu bestehen, in der Weise, dass hier die Beckenbildung der Tektonik gefolgt ist.

Weiter südlich treten noch einmal zwei, wenn auch wesentlich schwächere Andeutungen des Untergrundes auf. Beide verlaufen im Streichen der Molasse und liegen dort, wo im benachbarten Gebirge vornehmlich die Mergel des Chatt kartiert worden sind. Die Beziehungen zwischen Schwerestörungen, Morphologie, Beckenuntergrund und Molassegeologie sind recht kompliziert. Die südlichste der genannten Störungen beschreibt anscheinend gleichzeitig den Nordrand des Schwemmkegels der Dornbirner Ache.

Im Innern der Rheintalebene verläuft, in die Mitte zwischen die Bildstein- und die Haselstauden-Störung zielend, ein nordöstlich gerichteter Ausläufer des tiefsten Minimums, der auch wieder Vermutungen über die an die Untergrundbeschaffenheit gebundene Ausräumung weckt.

Im gebirgigen Teil der Abb. 6 kommen die verschiedenartigsten Anomalien vor.

1. Teils handelt es sich um topographische Wirkungen, teils
2. um solche der quartären Bedeckung,
ferner
3. um die Einwirkungen der bereits bekannten Verteilung der verschiedenen Gesteinsgruppen der Molasse

und schliesslich

4. um eine Anomalie, deren Ursache von der Oberfläche aus nicht angegeben werden kann, aber doch so deutlich ist, dass sie nicht auf Fehlern in den Messungen oder in den Reduktionen beruhen kann.

Es hat den Anschein, als wenn es sich um einen von Süden vorgeschobenen Keil von Helvetikum oder Flysch handelt, der etwa einen Kilometer weit über den bisher geradlinig durchgezogenen Südrand der Molasse nach Norden reicht. Da alles von Quartär bedeckt ist, lässt sich die Frage ohne erhebliche Mittel nicht nachprüfen.

Im linken Drittel von Abb. 6 setzen sich die Anomalien weiter fort. Auf der Rheindelta-Halbinsel Rohrspitz wurde die westliche Fortsetzung der vom Gebhardsberg über Riedenburg bis Hard sich erstreckenden Barre festgestellt. Das Minimum des Vorarlberger Rheintales nimmt nach Nordwesten an Intensität immer mehr ab. Entsprechend muss der Molasse-Untergrund des Talbeckens allmählich ansteigen und zwischen Rohrspitz und der alten Rheinmündung in geringe Tiefe unter der Oberfläche aufragen. Diese Barre gehört offensichtlich zu dem Bruchsystem des Bodensees, das speziell von F. HOFFMANN, 1951, behandelt worden ist.

Am westlichen Rande des vermessenen Gebietes bemerkt man den Schwereanstieg zu dem aus dem Taluntergrund auftauchenden Rücken der schweizerischen Molasse. Weitere Beiträge zu dem Problem des Taluntergrundes und zu der Frage, ob es sich um einen Graben oder um eine Achsendepression handelt, liefern die Abb. 7 und 8.

Die Grenze von Abb. 7 gegen Abb. 6 bildet die Naht zwischen dem Teil der Messungen von Dr. ZECH, den Prakla in ihr System eingepasst hat, und dem anderen Teil, mit dem das nicht geschah. Das Resultat besteht in einem Niveausprung, der ziemlich genau 4 mgal beträgt. Abb. 7 zeigt den Mittelteil der grossen negativen Anomalie des Rheintales. Es ist ganz deutlich, dass sie sich über die Landesgrenze bis an den westlichen Talrand erstrecken muss.

Dieser tiefste Teil des Beckens reicht sichtlich bis an den Kummenberg bei Hohenems (Abb. 8). Südlich davon bis zum Eschnerberg bei Feldkirch und an ihm vorbei erstreckt sich ein neues, offenbar flacheres Talbecken, wie man aus den Schweredifferenzen ablesen kann. Das Bild eines eigentlichen Grabens ist nicht realisiert.

Es ist hier der Ort, darauf hinzuweisen, dass eine exakte Deutung der Schwereanomalien in diesem Teil des Messgebietes nicht vorgenommen werden kann, ohne eine vorherige Prüfung der Zulässigkeit resp. der Bedeutung der dem Anomalienplan zugrunde liegenden Reduktion eines regionalen Schwerefeldes sehr einfacher Form. Wie die Messungen von Dr. ZECH im südlichen Teil von Vorarlberg bis an die Silvretta-Gruppe zeigen, ist man bei Feldkirch nicht mehr allzu weit von dem Zentrum der regionalen Anomalie der Alpen entfernt. In dessen Nähe kann ein linearer Schwereabfall nicht mehr als brauchbare Näherungslösung gelten. Auf die sich hier ergebenden Aufgaben kann nicht näher eingegangen werden, da sie von der Hauptaufgabe zu weit abseits liegen.

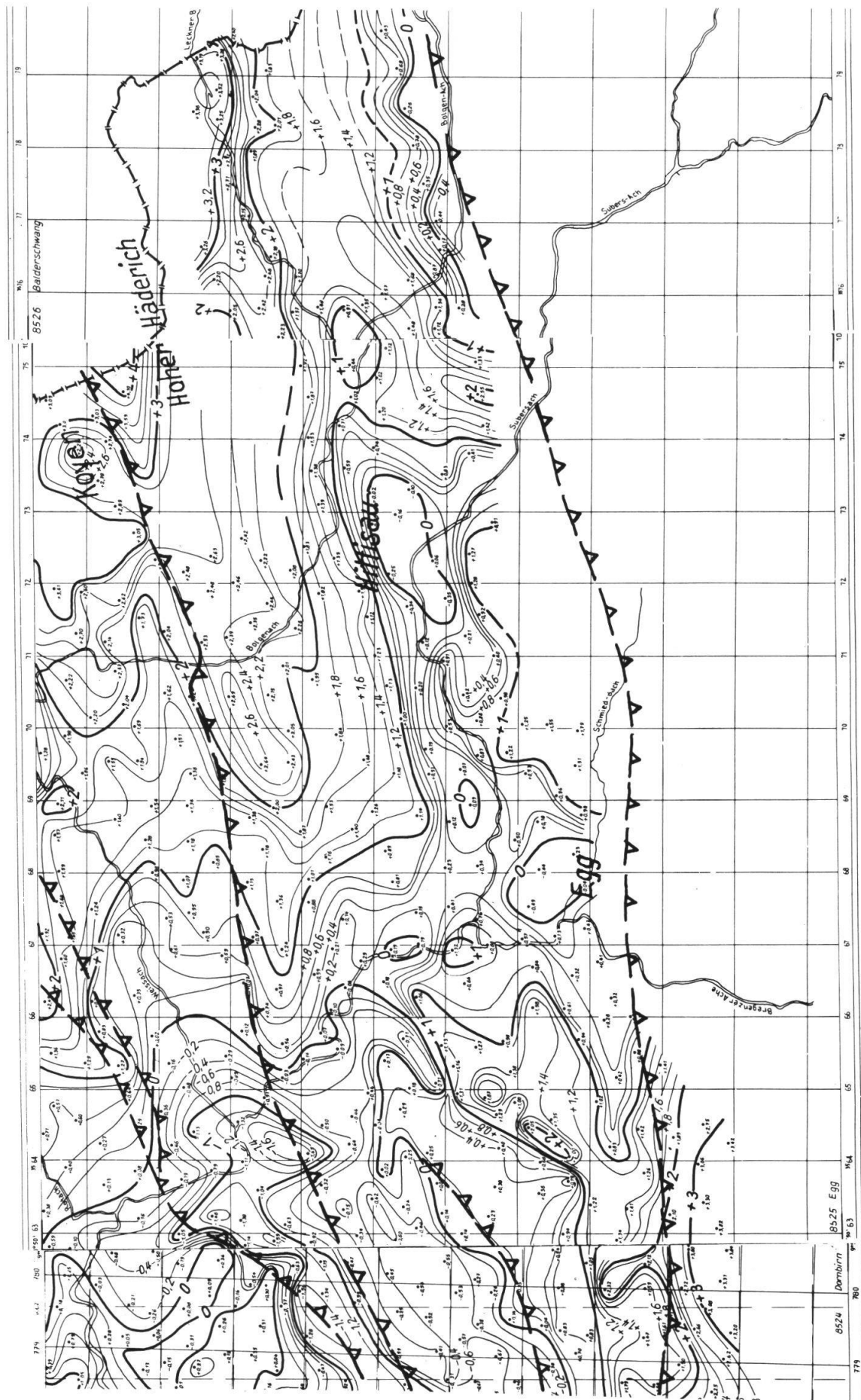


Abbildung 5.

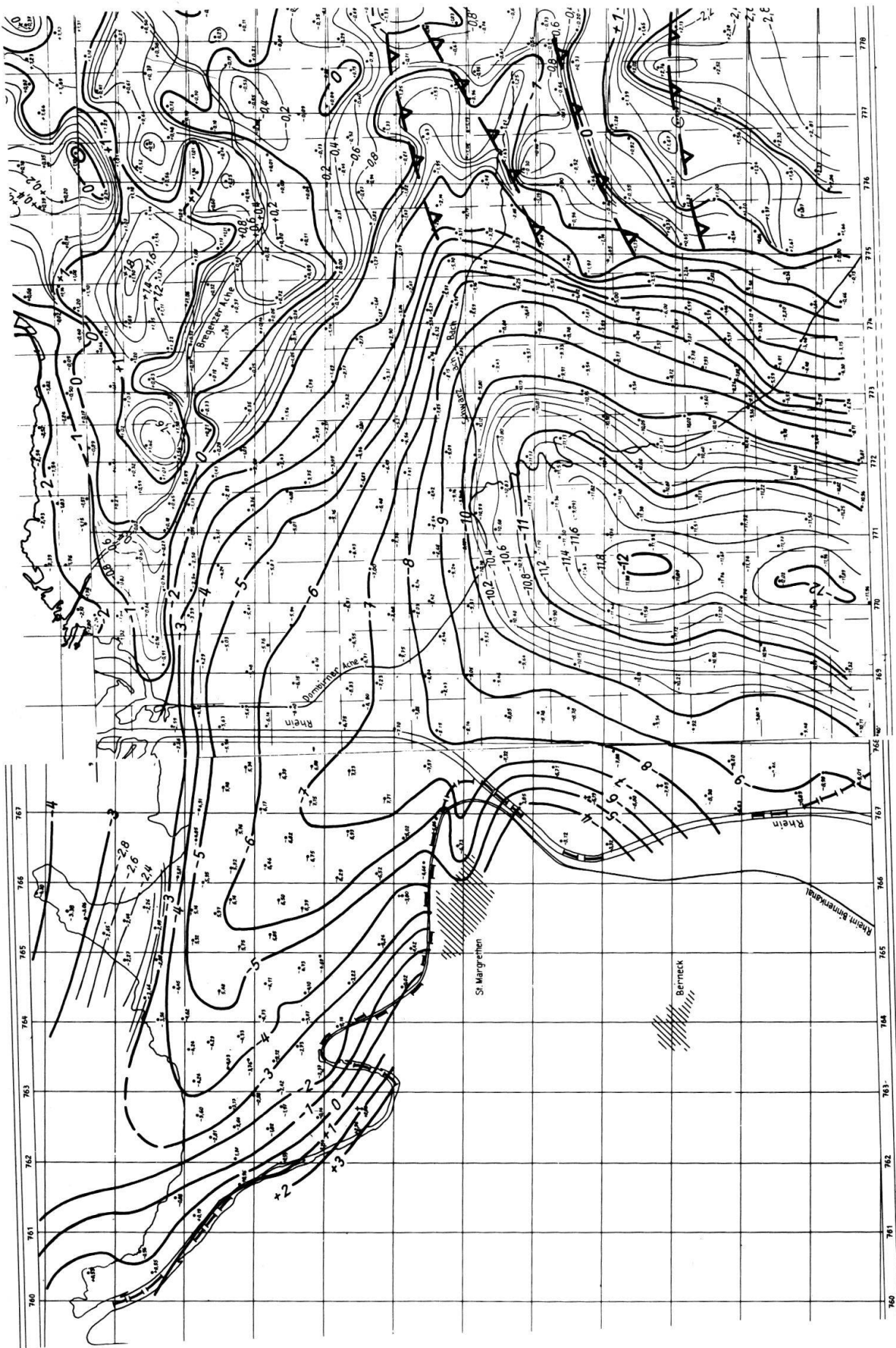


Abbildung 6.

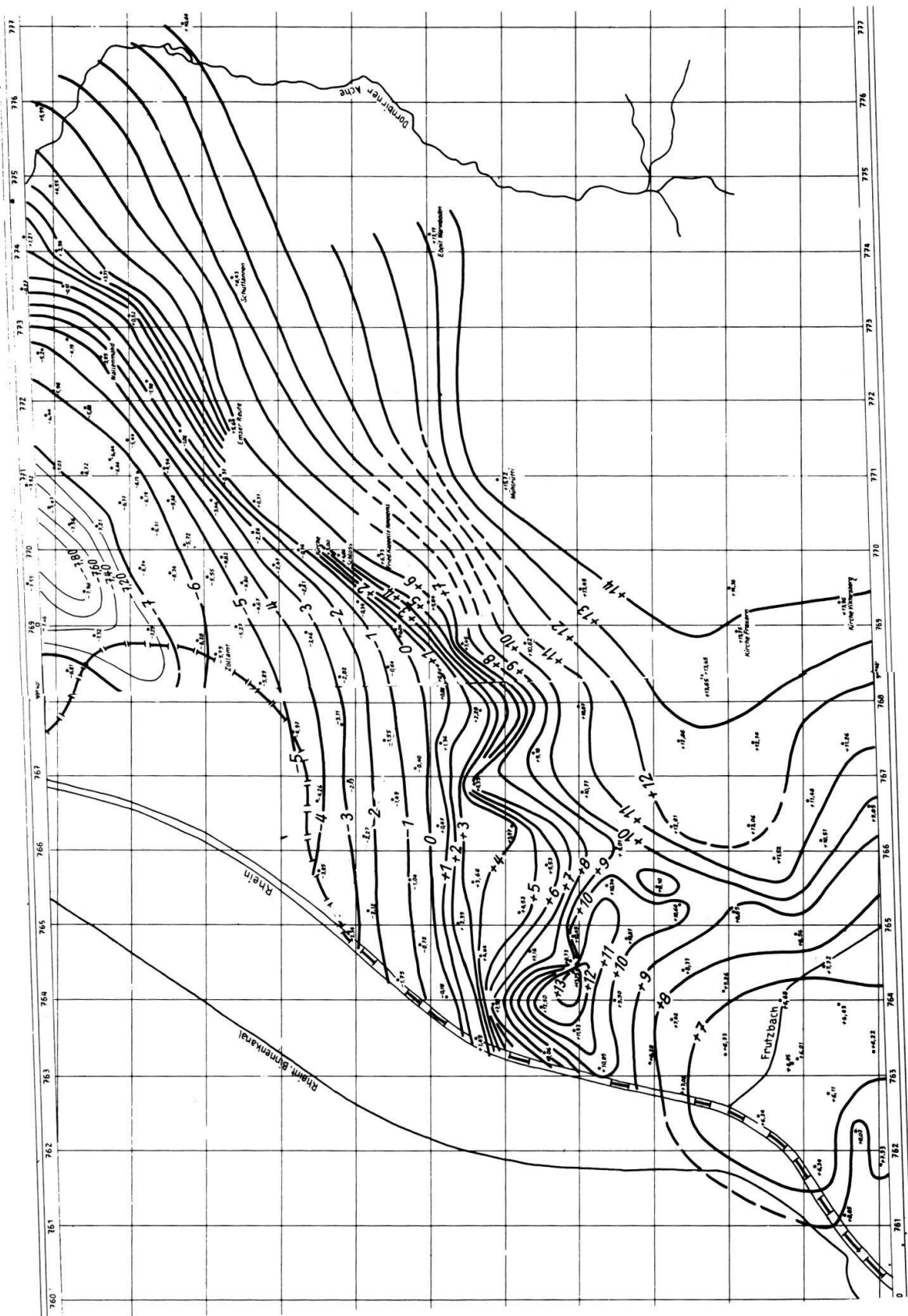


Abbildung 7.

Literatur

- BOTT, M. H. P. (1954): Interpretation of the Gravity Field of the Eastern Alps. *Geol. Magazine*, 91, Hertford, 377–383.
- GASSMANN, F. und DRAGUTIN PROSEN (1948): Zur Interpretation des Schweredefizites in den Schweizer Alpen. *Eclogae geol. Helv.*, 41, 1., 135–140.
- GERKE, K. (1957): Die Karte der Bouguer-Isanomalien, 1:1000000, von Westdeutschland. Deutsche Geodät. Kommission bei der Bayer. Akad. Wiss., B, Nr. 46, Teil I., Frankfurt a. M.
- GRÜNVOGEL, M. (1940): Der geologische Bau der Umgebung von Dornbirn. Vortertiäre Entwicklung des alpinen Raumes i. d. Rheintalgegend. *Jahresber. Oberrhein. Geol. Ver.*
- HEIM, A. (1928): Ernst Baumberger, H. G. Stehlin, S. Fussenegger, Die subalpine Molasse des westlichen Vorarlberg. *Vierteljahresschr. Nat. Ges. Zürich*, 73, 2 Taf. u. 14 Fig., 1–64.
- HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des St. gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie. *Ber. Tätigkeit St. gall. nat. Ges.*, 74.
- HUF, W. (1963): Die Schichtenfolge der Aufschlussbohrung Dornbirn 1 (Vorarlberg, Österreich). *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, 29/77, 9–10.
- JUNG, K. (1961): Schwerkraftverfahren in der angewandten Geophysik, S. 75.
- KRASSER, L. M. (1940): Die diluviale Ausgestaltung des alpinen Oberrheintals. *Jahresber. Oberrhein. Ver.*
- (1960): Geologisch-tektonische Karte der Gefalteten Molasse Vorarlbergs. (Unveröffentlicht).
- MEISSER, O. (1936): Tabelle der Normalschwere von 47° bis 56° Breite für sehr genaue relative Schwermessungen. *Z. f. Geophysik* 12, 63–64.
- MUHEIM, F. X. (1934): Die subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. *Eclogae geol. Helv.*, 27, 181–296. 2 Taf.
- SCHÜTTE, K. (1930): Karte der Schwereabweichungen von Süddeutschland Veröff. d. Bayer. Komm. f. d. Internat. Erdmessung, München.
- SENFTEL, K. (1965): Schwerekarte von Österreich, Bouguer-Isanomalien. Herausg. v. Bundesamt f. Eich- und Vermessungswesen, Wien.
- TORNQUIST, A. (1908): Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone. *N. Jahrb. f. Min. etc.*, I, 63–112.
- VOLLMAYR, TH. (1954): Die gefaltete Molasse zwischen Iller und Rhein. *Roemeriana* 7, Dahlgrün-Festschrift. Clausthal-Zellerfeld, 5. 9, 183–194.
- WAGNER, G. (1950): Rund um Hochifen und Gottesackergebiet, Öhringen.