

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOPHYSIK

Nr. 3

Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der Schweizerischen
Geotechnischen Kommission, Organ der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft

Arbeit aus dem Institut für Geophysik der ETH

Schweremessungen in der Umgebung von Zürich

von

F. Gassmann

Gedruckt mit Unterstützung
des Schweiz. Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung

KOMMISSIONSVERLAG

Kümmerly & Frey AG, Geographischer Verlag, Bern

1962

Buchdruckerei Aschmann & Scheller AG, Zürich

Vorwort

der Schweizerischen Geotechnischen Kommission

In den Jahren 1953 bis 1960 führten die Herren Prof. F. Gassmann und Prof. E. Poldini mit Mitteln, die der Schweizerische Nationalfonds zur Verfügung gestellt hatte, eine Schwerevermessung in der Umgebung von Zürich und im Kanton Genf durch. Diese Messungen dienten vor allem zur Abklärung der Methodik von Schwereaufnahmen und ihrer Darstellung in Karten unter den Verhältnissen des schweizerischen Mittellandes, als Vorstudie für ein allgemeines Schwerenetz zweiter Ordnung.

Die Ergebnisse ihrer Messungen und Berechnungen legten die Autoren der Geotechnischen Kommission zur Aufnahme in die Serie «Geophysik» vor. In der Sitzung vom 13. Januar 1962 beschloß die Kommission den Druck in der genannten Serie. Infolge Verschiedensprachigkeit erscheinen die Arbeiten in zwei getrennten Lieferungen; das vorliegende Heft enthält die Studie von Prof. F. Gassmann «Schweremessungen in der Umgebung von Zürich».

Die Einreihung in die Publikationsreihe der Kommission war nur möglich durch Übernahme eines erheblichen Teiles der Druckkosten durch den Schweizerischen Nationalfonds. Die Kommission möchte dieser Stelle für die Unterstützung der geophysikalischen Grundlagenforschung bestens danken. Besonderen Dank erstattet sie ihrem Mitglied Prof. F. Gassmann dafür, daß diese für die gravimetrische Landesaufnahme begleitenden Untersuchungen in ihrer Publikationsreihe erscheinen können.

Für den Inhalt von Text und Figuren ist der Verfasser allein verantwortlich.

Zürich, Oktober 1962.

Für die Schweizerische Geotechnische Kommission
Der Präsident: **Prof. F. de Quervain**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	6
§ 1 Das Untersuchungsprogramm	7
§ 2 Durchführung der Messungen und der Bearbeitung der Resultate	8
§ 3 Dichtebestimmungen an Handstücken	12
A. Probenentnahme	12
B. Das Vorgehen bei der Bestimmung der Dichte	12
C. Ergebnisse	13
§ 4 Die Schwerekarten des Gebietes «Sihltal»	18
A. Auswahl und Einmessung der Stationen	18
B. Basisstationen	18
C. Die gemessenen Schweredifferenzen	25
D. Die Reduktionen	25
E. Die Karten der Bouguerschen Schwereanomalien	38
F. Geologische Interpretation der lokalen Bouguerschen Schwereanomalien von N. Pavoni	39
§ 5 Gravimetrische Gesteinsdichtebestimmungen	44
A. Die Schweremessungen längs der Tunnels	44
B. Gesteinsdichte aus Schweremessungen an vertikalen Stationspaaren	46
C. Dichtebestimmung nach L. L. Nettleton	51
D. Dichtebestimmungen mit Berücksichtigung des Einflusses der unsichtbaren Störungsmassen	52
E. Bemerkungen zu den Gesteinsdichtebestimmungen	56
§ 6 Ergänzungen zu den Schwerekarten von P. Gretener	60
A. Detailkarte «Niederhasli»	60
B. Schwerekarten des Gebietes «Reuß-Lenzburg»	60
§ 7 Über die Schwere im Gesamtgebiet «Zug-Rhein»	63
A. Schweremessungen im Verbindungsgebiet «Forch-Muri»	63
B. Zusammenfassende Karten des Gebietes «Zug-Rhein»	64
Literaturverzeichnis	70

Einleitung

In den Jahren 1900–1918 hat Th. Niethammer im Auftrag der Schweizerischen Geodätischen Kommission eine Schwerevermessung der Schweiz durchgeführt und auf Grund der Ergebnisse eine Schwerekarte unseres Landes erstellt. Für die damalige Zeit war das Werk Niethammers bahnbrechend, und auch heute noch hat es seinen Wert nicht verloren. In der Zwischenzeit sind aber Instrumente geschaffen worden, mit denen Schweredifferenzen sehr viel rascher und mit 50mal größerer Genauigkeit gemessen werden können. Dementsprechend sind auch auf Grund von Schweremessungen detailliertere Aufschlüsse über den Aufbau des Untergrundes zu gewinnen. Allerdings ist es dazu nötig, die Meßergebnisse zweckmäßig zu reduzieren, um sie so gut wie möglich von den störenden Einflüssen der unregelmäßigen Topographie der Erdoberfläche zu befreien. Eine neue Schwerevermessung ist für die Geologie der Schweiz von größtem Interesse, erfordert aber punkto Stationsauswahl und Art der Reduktion eingehende Vorstudien. Gemeinsam mit seinem Kollegen, Prof. E. Poldini in Genf, hat der Verfasser diese Vorstudien in Angriff genommen. Zu diesem Zwecke wurde je eine Schwerevermessung in der Umgebung von Genf und von Zürich durchgeführt. Auf ein von der Schweizerischen Geotechnischen Kommission unterstütztes Gesuch hin wurden aus dem Schweizerischen Nationalfonds die für die Vermessungen und ihre Bearbeitung nötigen namhaften Mittel zur Verfügung gestellt. Dem Nationalen Forschungsrat sei dafür der wärmste Dank ausgesprochen, ebenso dem Präsidenten der Schweizerischen Geotechnischen Kommission, Prof. F. de Quervain, für die verständnisvolle und aktive Anteilnahme an der Planung und Durchführung des Forschungsprojektes. Als eine besonders angenehme Verpflichtung empfindet es der Verfasser, seinem Kollegen, Prof. E. Poldini, für seine freundschaftliche Bereitwilligkeit zur Zusammenarbeit und für die mannigfachen Anregungen anlässlich der Diskussionen über das Projekt den herzlichsten Dank abzustatten.

Die vorliegende Publikation handelt von der Schwerevermessung in der Umgebung von Zürich. Für die Durchführung der Feldarbeit und die Bearbeitung der Resultate standen dem Verfasser das Personal und die Einrichtungen des Institutes für Geophysik der ETH zur Verfügung, wofür dem Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, Prof. H. Pallmann, herzlich gedankt sei. Allen in der Publikation aufgeführten Mitarbeitern dankt der Verfasser für ihren Beitrag zum Gelingen der Arbeit.

§ 1 Das Untersuchungsprogramm

Am Institut für Geophysik der ETH sind vor einigen Jahren für zwei Promotionsarbeiten Schwere-messungen mit einem Worden-Gravimeter durchgeführt worden. A. YARAMANCI (1954*) hat Schwere-messungen im Dettenbergtunnel (Fig. 1, etwa 16 km nördlich von Zürich) und in einem Profil über dem Tunnel ausgeführt und damit eine mittlere Dichte der Molassegesteine zwischen dem Tunnel und der Erdoberfläche bestimmt. P. GREENER (1954) hat mit einer Stationsdichte von etwa 1,5 Stationen pro Quadratkilometer ein Gebiet von rund 500 km² nordwestlich von Zürich gravimetrisch aufgenommen und geologisch interpretiert (Fig. 1, Gebiet «Zürich-Rhein»).

Gravimetrische Gesteinsdichtebestimmungen sollten durch Dichtebestimmungen an Gesteinsproben ergänzt werden können. Die Umgebung des Dettenbergtunnels eignet sich aber nicht gut zur Proben-entnahme, da gute Aufschlüsse in genügender Anzahl fehlen. Viel günstiger ist in dieser Beziehung die Umgebung von Sihlbrugg, d. h. die Umgebung des Zimmerbergtunnels zwischen den Stationen Horgen-Oberdorf und Sihlbrugg und des Albistunnels zwischen den Stationen Sihlbrugg und Baar der Bahnlinie Zürich-Zug. Daher wurden Schwere-messungen in den beiden Tunnels und an der Erdoberfläche senkrecht über den Tunnelstationen ausgeführt und daraus die Dichte der Molassegesteine über den Tunnels bestimmt. Um zu prüfen, ob für diese Dichtebestimmungen der normale oder ein davon abweichender lokaler Wert des vertikalen Freiluftgradienten der Schwere zu verwenden sei, wurde eine Schwerekarte der weiteren Umgebung von Sihlbrugg (etwa 160 km² mit einer mittleren Stationsdichte von 3 Stationen pro Quadratkilometer, Fig. 1, Gebiet «Sihltal») aufgenommen. Ferner wurden in diesem Gebiete 122 Gesteinsproben aus dem Anstehenden entnommen und die Dichten dieser Proben bestimmt.

P. GREENER hat nicht alle von ihm ausgeführten Schwere-messungen fertig bearbeitet und in der Dissertation verwendet. Seine Messungen wurden ergänzt, reduziert und die Resultate in Karten darge-stellt. Es betrifft die Umgebung von Niederhasli (Fig. 1) und ein Gebiet von etwa 75 km² zwischen der Reuß und der Bünz (Fig. 1, Gebiet «Reuß-Lenzburg»). Schließlich wurde die Schwerekarte «Zürich-Rhein» mit der Schwerekarte «Sihltal» durch ein weitmaschigeres Netz von Schwerestationen (nämlich 29 Stationen auf etwa 230 km², Fig. 1, Verbindungsgebiet «Forch-Muri») verbunden und von Gesteins-proben aus diesem Gebiet sowie aus dem Gebiet «Zürich-Rhein» die Dichte bestimmt.

Die Tabellen zur Ermittlung der topographischen Korrekturen, die für die Arbeit von P. GREENER bis 6 km Radius berechnet worden waren, wurden unter Berücksichtigung der Krümmung der Bezugs-fläche (d. h. einer Niveaufläche des Schwerefeldes) auf 20 km Radius ergänzt.

*) Die Autorennamen mit Jahreszahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

§2 Durchführung der Messungen und der Bearbeitung der Resultate

An den Arbeiten beteiligten sich folgende Mitarbeiter des Institutes für Geophysik der ETH:

Berger, Robert, Feinmechaniker
Dr. Friedenreich, Otto, dipl. Ing. petr. ETH
Landolt, Verena, Sekretärin
Müller, Pierre, dipl. Physiker ETH
Dr. Pavoni, Nazario, dipl. Naturwiss. ETH
Renidear, Siegfried, Zeichner
Schmidt, Robert, dipl. Ing. geol. ETH
Schneibel, Werner, Vermessungszeichner
Tisi, Esther, Sekretärin
Vetsch, Kaspar, dipl. Tiefbautechniker
Dr. Vögtli, Kurt, dipl. Naturwiss. ETH
Dr. Wirth, Eva, phil. II

Ferner wurden, teils als Messgehilfen im Feld, teils für Berechnungen, R. Bolli, P. Leemann, Rud. Müller, H. Nußberger, Dr. G. Pollara und E. Zurflüh vorübergehend beschäftigt.

Die Arbeiten wurden am 16. Juli 1953 aufgenommen. In den folgenden Abschnitten a) bis g) ist eine kurze Darstellung des Ganges der Arbeiten gegeben, ferner sind in Abschnitt h) einige Angaben über die verwendeten Gravimeter gemacht.

a) Schwerekarte der Umgebung von Niederhasli

Das Netz von Schwerestationen in den Karten von GREENER (1954) ist am Ostende der Lägern besonders dicht. 1953 wurde daher auf Grund dieses Netzes eine Schwerekarte der Umgebung von Niederhasli mit Kurven gleicher Schwereabweichungen von 0,2 mgl Abstand gezeichnet (Vetsch). Die Karte ist ein detaillierter Ausschnitt aus der «Bouguerkarte II» von GREENER.

b) Schwerekarten des Gebietes «Reuß–Lenzburg»

Im Gebiet zwischen Reuß und Bünz, das westlich an das von GREENER (1954) kartierte Gebiet anschließt, wurden 1953 an 30 neuen Punkten Schweremessungen ausgeführt (Vetsch mit Leemann und Nußberger). Die Resultate wurden zusammen mit den noch nicht bearbeiteten Meßresultaten von GREENER reduziert und dann genau nach dem Verfahren von Greener (1954) eine «Bouguerkarte I», eine «Bouguerkarte II», eine «Molassekarte» und eine «Quartärkarte» gezeichnet (Vetsch, Schneibel).

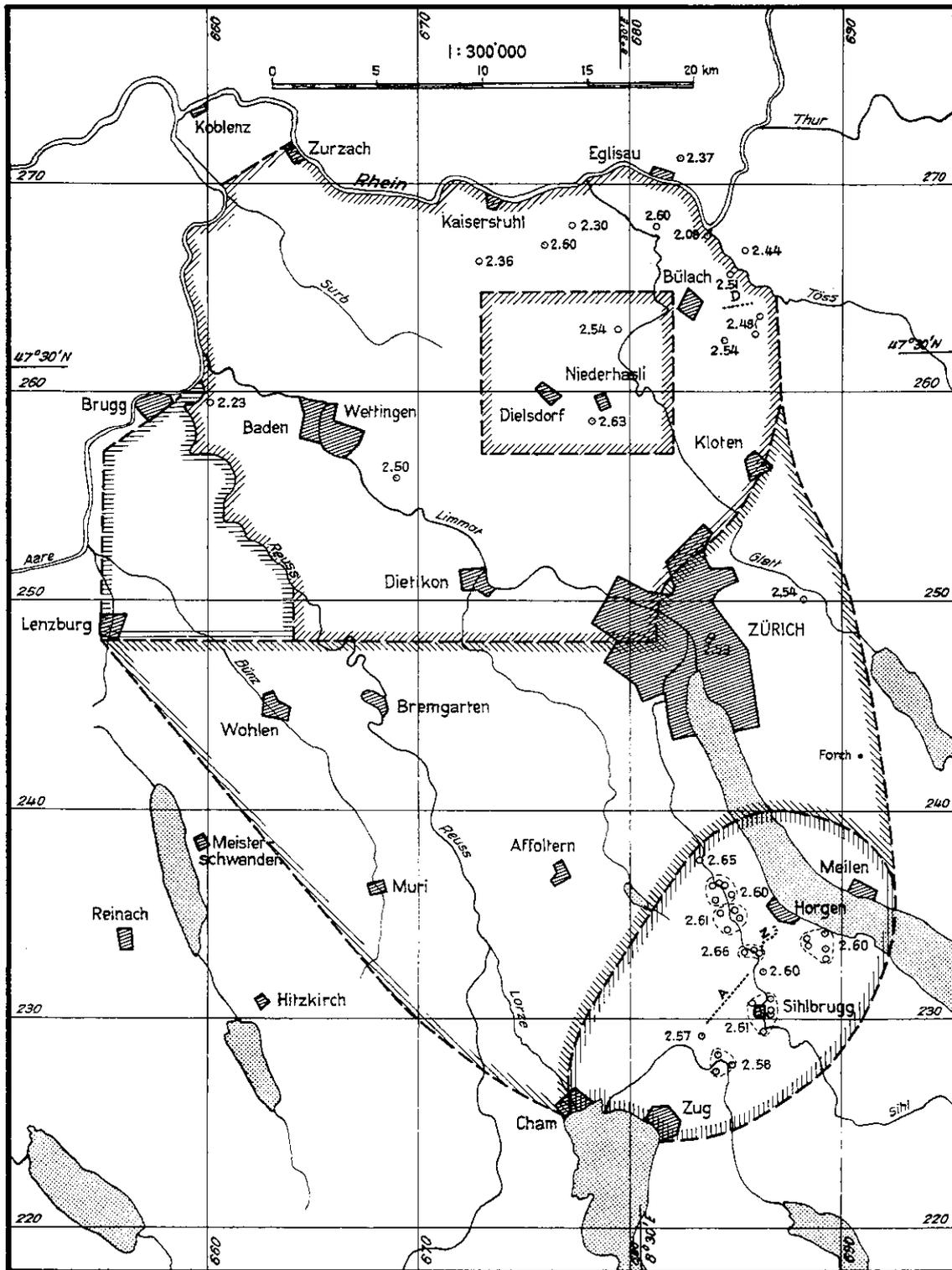


Fig. 1. Übersichtskarte.  Gebiet «Zürich-Rhein» mit Detailkarte «Niederhasli».  Gebiet «Reuß-Lenzburg».  Verbindungsgebiet «Forch-Muri».  Gebiet «Sihltal». Gesamtgebiet «Zug-Rhein» = Zusammenfassung der in der Figur umrandeten Gebiete. D Dettenbergtunnel. Z Zimmerbergtunnel. A Albistunnel. ○ 2.60 Entnahmestelle für Gesteinsproben und mittlere Gesteinsdichte.

c) Dichtebestimmungen an Handstücken

Aus dem Anstehenden wurden nach folgender Aufstellung Gesteinsproben entnommen und die Dichte der Proben, teils an Ort und Stelle, teils im Labor, bestimmt. Wo nichts anderes bemerkt ist, handelt es sich um Molassegesteine.

- 1954 12 Proben aus Baugrube Künstlergasse zwischen dem Hauptgebäude der ETH und der Universität Zürich (Vögli)
- 1954/55 Aus 40 Aufschlüssen im Gebiet «Sihltal», einschließlich Bergwerk Käpfnach (Friedenreich mit Vetsch)
- 1955 6 Proben von Bohrkernen, EMPA-Neubau Dübendorf (Friedenreich)
- 1955 Aus 25 Aufschlüssen im Gebiet «Zürich-Rhein», davon 8 Aufschlüsse in mesozoischen Gesteinen (Friedenreich mit Schneibel)
- 1957 3 Proben aus Baugrube Neubau ETH, Schmelzbergstraße (Friedenreich)
- 1958 12 Proben aus Steinbruch Hohenegg östlich von Eglisau (Friedenreich mit Berger)

d) Tabellen für topographische Korrekturen

Für die Zone zwischen 6 km und 20 km Radius wurden 1954/55 Tabellen von R. Schmidt gerechnet, ferner für die innerste Zone die schon von GRETENER verwendete Methode der Zylinderhufsektoren mit Rücksicht auf besonders steiles Gelände von P. Müller 1957 ergänzt.

e) Schwerekarten «Sihltal»

1954/55 wurden auf einer Fläche von etwa 120 km² Schweremessungen und zugehörige topographische Messungen ausgeführt und mit den Arbeiten zur Reduktion der Resultate begonnen (Vetsch mit Berger, Bolli, Friedenreich, R. Müller, Schmidt und Zurflüh). 1957/58 wurden in gleicher Weise weitere 40 km² vermessen (P. Müller und Schneibel). 1958 wurden vom ganzen Gebiet die Reduktionen ausgeführt (Schneibel) und die reduzierten Schwerewerte kartographisch dargestellt (P. Müller, Schneibel, Karte Tafel I). 1959 wurde der mittlere regionale Schweregradient bestimmt (P. Müller) und auf Grund darauf eine Karte der lokalen Schwereanomalien hergestellt (Renidear, Karte Tafel II). Diese Karte diente als Grundlage für die geologische Interpretation der Meßresultate (Pavoni 1960).

f) Tunnelprofile

1954 wurden Schwereprofile im Zimmerberg- und im Albistunnel und an der Erdoberfläche senkrecht darüber aufgenommen (Vetsch) und die zugehörigen geologischen Profile gezeichnet (Pavoni). 1959 wurden nach Ausführung der erforderlichen Reduktionen (Schneibel) aus den Ergebnissen Gesteinsdichten berechnet (P. Müller).

g) Schweremessungen im Verbindungsgebiet «Forch–Muri»

1957/58 wurden die Schweremessungen und die zugehörigen topographischen Messungen im Gebiet «Forch–Muri» ausgeführt (P. Müller und Schneibel) und die Resultate reduziert (Schneibel). 1958 wurden zur Herstellung sogenannter Molassekarten aus dem Netz aller Schwerestationen die sogenannten Molassestationen ausgeschieden (Friedenreich) und kartographisch dargestellt (Friedenreich und Schneibel).

h) Über die Gravimeter

Für die Schweremessungen 1954/55 wurde das Gravimeter Worden Nr. 26 benützt. (Über das Gravimeter siehe P. GREENER 1954, Seite 177–180.) Das Instrument war im März 1953 von einer Revision in Houston mit einem Eichfaktor 1.0095 mgl/Skalenteil zurückgekommen. Da das Instrument vom Herbst 1956 an nicht mehr zur Verfügung stand (wegen neuerlicher Revision und darauffolgender Zerstörung beim Transport), wurde uns für die Schweremessungen 1957/58 von Prof. Poldini das Gravimeter Worden Nr. 40 des Laboratoire de Géophysique der Universität Lausanne zur Verfügung gestellt. Sein Eichfaktor war 0.8760 mgl/Skalenteil. Kontrollmessungen ergaben Übereinstimmung innerhalb der Meßgenauigkeit der mit den erwähnten Eichfaktoren gemessenen Schweredifferenzen und mit den Messungen von P. GREENER. Sowohl die in der Publikation von P. GREENER 1954 wie auch in der vorliegenden Publikation angegebenen, in Milligal (mgl) ausgedrückten, gemessenen Schweredifferenzen beruhen also auf Eichungen der Instrumente durch die Herstellerfirma der Worden-Gravimeter in Houston. Die Maßeinheit dieser Schweredifferenzen sei daher Houston-Milligal genannt.

Im Jahre 1957 wurden von der Schweizerischen Geodätischen Kommission (Astronomisch-Geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 25) Vergleichsmessungen zwischen dem schweizerischen Schweregrundnetz und der französischen Eichstrecke Paris–Toulouse–Bagnères (J. MARTIN, 1954) ausgeführt und danach die Schweredifferenzen im schweizerischen Schweregrundnetz in «französischen Milligal» ausgedrückt.

Im November 1957 hat P. Müller mit dem Worden-Gravimeter Nr. 40 die Schweredifferenzen der Strecken Zürich–Pfäffikon, Pfäffikon–Goldau und Goldau–Aldorf des schweizerischen Schweregrundnetzes nachgemessen und gefunden, daß jede gemessene Schweredifferenz, ausgedrückt in Houston-Milligal, um $1,9\text{‰}$ ($\pm 0,4\text{‰}$) zu vermindern ist, um die gleiche Schweredifferenz, ausgedrückt in französischen Milligal, zu erhalten. Ist also eine Schweredifferenz gleich u_H Houston-Milligal, so ist diese Schweredifferenz gleich $u_F = 0,9981 \cdot u_H$ französische Milligal. In der vorliegenden Publikation sind in Übereinstimmung mit der Arbeit von P. GREENER (1954) die gemessenen Schweredifferenzen in Houston-Milligal ausgedrückt. Einzig im Basisnetz der Schwerekarte Sihltal (§ 4 B) sind die gemessenen Schweredifferenzen auch in französischen Milligal angegeben.

§ 3 Dichtebestimmungen an Handstücken

A. Probenentnahme

Die Proben von der Künstlergasse und der Schmelzbergstraße (Zürich) konnten direkt dem Aushub der Baugruben entnommen werden. Vom EMPA-Neubau Dübendorf standen Stücke von Bohrkernen von 8 cm Durchmesser und 10–15 cm Länge zur Verfügung. Aus dem Steinbruch Hohenegg bei Eglisau konnten die Proben mit dem Hammer entnommen werden, ebenso aus den Aufschlüssen im Mesozoikum des Gebietes «Zürich–Rhein». Es wurde sorgfältig darauf geachtet, daß für die Dichtebestimmungen nur frische, möglichst unverwitterte Proben Verwendung fanden. Als Beispiel wurde aus dem gleichen Aufschluß ein frischer Sandstein und ein verwitterter entnommen. Die Dichte des frischen war $2,59 \text{ g/cm}^3$, die Dichte des verwitterten $2,35 \text{ g/cm}^3$. Um zu frischen Proben zu kommen, genügte nicht überall Hammer und Meißel, man mußte dann zu Sprengungen greifen. In den benutzten Aufschlüssen des Gebietes «Sihltal» mußte man stellenweise mit einem elektrischen Bohrer bis 50 cm tiefe Sprenglöcher bohren. Um bei der Dichtebestimmung eine bestimmte Genauigkeit zu erzielen, mußten die Handstücke eine minimale Größe haben. Die maximale Größe war durch die verfügbaren Geräte bestimmt. Die entnommenen Handstücke wurden demnach zu 1,5–3,5 kg bemessen. Soweit die Dichte nicht unmittelbar im Feld am Entnahmeort bestimmt wurde, mußten die Proben ins Labor transportiert werden. Zur Vermeidung von Wasserverlust wurden die Proben für den Transport und die Lagerung in wasserundurchlässige Hüllen verpackt. Schwierig war die Entnahme und der Transport der Proben aus Aufschlüssen nördlich von Zürich, da es sich vorwiegend um weiche Sandsteine handelte. Solche Proben wurden sofort nach Entnahme mit Zaponlack bepinselt. Der rasch trocknende Lack bildete eine Hülle, die beim Transport einerseits das Zerbröckeln der Probe und andererseits Wasserverlust verhinderte. Ferner wurde so beim Eintauchen der Probe in Wasser zur Volumenbestimmung das Eindringen von Wasser in die Poren und der Zerfall der Probe verhindert.

Weitaus die meisten Proben wurden aus dem Gebiet «Sihltal» gesammelt. Bei der Wahl der Entnahmeorte wurde darauf geachtet, daß alle wichtigen dort vorkommenden Gesteinstypen der Molasse, nämlich Sandsteine, Mergelsandsteine, Mergel und Süßwasserkalke erfaßt wurden. Die räumliche Verteilung der Entnahmeorte sollte auch erlauben, eine allfällige Abhängigkeit der Dichte von der geographischen Lage oder der Meereshöhe zu erfassen.

B. Das Vorgehen bei der Bestimmung der Dichte

Für die Reduktion und Interpretation von Schweremessungen ist die *Bruttodichte* ρ der Gesteine in dem Zustand, in dem sie sich im Untergrund befinden, maßgebend. Bricht man eine Gesteinsprobe aus dem Anstehenden heraus, so hat man darauf zu achten, daß der Zustand der Probe keine die Bruttodichte merklich beeinflussenden Veränderungen erfährt. Das Volumen V der Probe setzt sich zusammen aus dem Volumen der festen Bestandteile und dem Porenvolumen, die Masse m der Probe aus der Masse der festen Bestandteile und der Masse der die Poren füllenden Flüssigkeiten und Gase. $\rho = m/V$ ist dann die Bruttodichte der Probe.

Die Masse jeder Probe wurde durch eine Wägung bestimmt, das Volumen durch zwei Wägungen nach dem archimedischen Prinzip. Im Felde wurden die Wägungen mit Hilfe einer Federwaage ausgeführt. Die Probe wurde in einem Nylonnetz (Vögtli) an die Federwaage gehängt und vollständig in ein Gefäß mit Wasser getaucht. Die Waage zeigte dann ein Gewicht G' an. Dann zog man die Probe aus dem Gefäß heraus und wiederholte die Wägung in der Luft mit dem Ergebnis G'' . Nach Archimedes ist dann $G'' - G' = A$ der Auftrieb, den die Probe in der Flüssigkeit erfuhr und $V = A/\Gamma$ das Volumen der Probe, wenn mit Γ das spezifische Gewicht der Flüssigkeit bezeichnet wird, in die die Probe getaucht wurde. Im Labor wurde eine Laufgewichtstischwaage verwendet und der Auftrieb A dadurch bestimmt, daß man das Gefäß mit Wasser auf die Waage stellte und die Probe, die im Nylonnetz hing, ins Wasser tauchte. Die Waage zeigte dann ein Gewicht G_1 an. Zog man dann die Probe aus dem Wasser, so zeigte die Waage das Gewicht G_2 des Gefäßes mit dem Wasser. Der Auftrieb ist dann $A = G_1 - G_2$. Der mittlere Fehler in der Bestimmung der Bruttodichte ρ einer Probe wurde nach Vornahme entsprechender Versuche abgeschätzt. Er ist kleiner als 0,5%.

An einer Reihe von Proben wurden Extremwerte der Bruttodichte bestimmt, nämlich einerseits die Bruttodichte ρ_t des trockenen Handstückes (mit möglichst wenig Porenwasser), andererseits die Bruttodichte ρ_n der Probe mit möglichst viel Porenwasser. Die Kenntnis von ρ_t und ρ_n soll Aufschluß darüber erteilen, zwischen welchen Grenzen sich die Bruttodichte eines gegebenen Gesteins bei unterschiedlicher Durchfeuchtung bewegen kann. Vor der Bestimmung von ρ_t wurden die Probestücke während eines halben Jahres in einem warmen und trockenen Raum belassen, wodurch das Porenwasser verdunsten konnte. ρ_t wurde dann nach der oben beschriebenen Methode zur Bestimmung von ρ gemessen. Zur Bestimmung von ρ_n wurde die Probe in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gelegt, so daß die Probe vollständig von Wasser umschlossen war. Das Gefäß wurde unter eine Glasglocke gestellt und diese mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe evakuiert. Durch dieses Vorgehen wurde der Probe möglichst viel Luft entzogen und der größte Teil der Poren mit Wasser gefüllt. Nach 10stündigem Betrieb der Pumpe wurde ρ_n nach der gleichen Methode bestimmt wie ρ und ρ_t .

C. Ergebnisse

In den Tabellen I und II sind die Ergebnisse der Dichtebestimmungen an Handstücken zusammengestellt. X und Y sind die in Meter ausgedrückten Landeskoordinaten. Die Kolonne der ρ zeigt, daß in den meisten Aufschlüssen von zwei Gesteinsproben die Dichte bestimmt wurde. Alle Gesteinsproben sind im Institut für Geophysik der ETH deponiert.

Tabelle I enthält Gesteinsdichten aus dem Gebiet «Sihltal». Alle benützten Aufschlüsse liegen hier in der oberen Süßwassermolasse. Die Ergebnisse sind nach Gesteinsarten geordnet und innerhalb der gleichen Gesteinsart nach wachsendem X, d. h. nach wachsender geographischer Breite. Die durch Kursivschrift hervorgehobenen Dichten ρ beziehen sich auf die Proben, von denen nachher auch die in der Tabelle angegebenen Dichten ρ_t und ρ_n bestimmt wurden.

In Tabelle II sind die Ergebnisse nach wachsendem Alter der Formationen und innerhalb der gleichen Formation nach wachsendem X geordnet. Die Abkürzungen der beiden ersten Kolonnen haben folgende Bedeutung:

- Sst = Sandstein
- Musst = Muschelsandstein
- Kn = Knauer

Knsst = Knauersandstein
 M = Mergel
 Msst = Mergelsandstein
 Ka = Kalk
 Kado = Kalkdolomit
 OSM = Obere Süßwassermolasse
 OMM = Obere Meeresmolasse
 USM = Untere Süßwassermolasse

In der letzten Kolonne sind von einigen Gesteinen noch die spezifischen elektrischen Widerstände angegeben. Sie wurden im Anstehenden mit der Wennerschen 4-Punkt-Methode (Friedenreich mit Berger und Schneibel) bestimmt.

Tabelle I

Dichte von Gesteinsproben aus dem Gebiet «Sihltal»

Gestein	X	Y	Höhe über Meer	ρ	ρ_t	ρ_n
	m	m	m	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³
Sandstein	227800	684775	490	2,55; 2,57	2,52	2,59
Sandstein	229300	683740	465	2,57; 2,57	2,56	2,57
Sandstein	229610	686550	560	2,56; 2,59; 2,60		
Sandstein	230170	686640	540	2,62; 2,63	2,57	2,64
Sandstein	230375	686725	560	2,61; 2,61		
Sandstein	231100	686700	530	2,67; 2,68		
Sandstein	233275	686150	520	2,71; 2,72		
Sandstein	233300	685550	520	2,59; 2,59		
Sandstein	233300	689200	480	2,62; 2,62	2,61	2,68
Sandstein	233550	689175	440	2,52		
Sandstein	233750	688700	470	2,59; 2,59	2,56	2,60
Sandstein	234190	684700	600	2,64; 2,71		
Sandstein	234650	685275	525	2,50; 2,54		
Sandstein	235090	685030	510	2,64; 2,65	2,60	
Sandstein	235700	284850	500	2,58; 2,62	2,51	2,59
Sandstein	235770	684140	570	2,48; 2,51		
Sandstein	236350	684000	500	2,65; 2,67	2,59	2,67
Sandstein	236410	684300	485	2,62; 2,65	2,61	2,65
Mergelsandstein	227750	684200	480	2,61; 2,63	2,55	2,61
Mergelsandstein	230650	685950	600	2,56	2,49	2,67
Mergelsandstein	233350	685950	510	2,64	2,63	2,68
Mergelsandstein	233725	688700	490	2,63; 2,63	2,62	
Mergelsandstein	ca. 234000 (Käpfbacher Stollen)	ca. 688550	ca. 410	2,60	2,54	

Gestein	X	Y	Höhe über Meer	ρ	ρ_t	ρ_n
	m	m	m	g/cm ³	g/cm ³	g/cm ³
Mergelsandstein	234990	684520	580	2,58; 2,58	2,50	2,58
Mergelsandstein	235800	684850	510	2,55; 2,56		
Mergelsandstein	235850	684850	520	2,59; 2,66		
Mergelsandstein	236350	684500	500	2,64; 2,68		
Mergelsandstein	237500	683425	500	2,63; 2,67		
Mergel	230500	686625	570	2,58	2,53	
Mergel	232275	686350	530	2,58; 2,62	2,55	2,63
Mergel	233275	686150	520	2,68; 2,68	2,66	
Mergel	233300	689200	480	2,59; 2,62		
Mergel	233375	686000	535	2,70	2,65	2,70
Mergel	ca. 234000	ca. 688550	ca. 410	2,60; 2,63	2,60	2,63
	(Käpfnacher Stollen)					
Mergel	235090	685030	510	2,60; 2,63	2,54	2,63
Mergel	236350	684000	500	2,57; 2,64		
Süßwasserkalk	228525	684200	575	2,56; 2,59	2,50	
Mergelkalk	233325	685525	520	2,62; 2,63		
Mergelkalk	233350	685500	510	2,73	2,69	2,76

Tabelle II

Dichte von Gesteinsproben aus den Gebieten «Forch–Muri» und «Zürich–Rhein»

Gestein	Formation	Ort	X	Y	Höhe über Meer	ρ	spez. Wid.
			m	m	m	g/cm ³	Ω m
Sst	OSM	Zürich, Künstlergasse	247790	683780	450	2,47; 2,50 2,49; 2,53 2,46; 2,49 2,52; 2,55 2,52; 2,54 2,48; 2,48	
Sst	OSM	Zürich, Schmelzbergstraße	248030	683920	460	2,60; 2,60 2,51	
Sst (z. T. Mergel)	OSM	Dübendorf, EMPA-Neubau	251020	688380	400	2,51; 2,58 2,43; 2,57 2,52; 2,63	

Gestein	Formation	Ort	X	Y	Höhe über Meer	ρ	spez. Wid.
			m	m	m	g/cm ³	Ω m
Sst	OSM	Steinbruch Würenlos	255710	669330	460	2,41	85
Sst	OSM	Bachtobel b. Bachenbülach	262460	684400	485	2,54	
Sst	OSM	S Embrach (Stampfenbach)	262880	686000	470	2,60	
Sst	OSM	S Embrach (Stampfenbach)	262880	686000	480	2,47; 2,56	
Sst	OSM	S Station Embrach	263630	686210	410	2,28	65
Kn in Sst	OSM	S Station Embrach	263630	686210	410	2,62	
Kn verw.	OSM	S Station Embrach	263630	686210	410	2,27	
M	OSM	Schloß Teufen	266440	685570	480	2,25	50
Sst	OSM	Schloß Teufen	266440	685570	480	2,64	170
Knsst	OSM	E Glattfelden	267690	681520	430	2,60	
Musst	OMM	Steinbruch Würenlos	255710	669330	460	2,58	1680
Musst	OMM	Kastelhof	258750	678170	450	2,63	
Sst braun	OMM	NW Niederhöri	262860	679640	450	2,53	
Sst grau	OMM	NW Niederhöri	262860	679640	445	2,54	67
Sst	OMM	NW Rorbas	265540	684840	450	2,50; 2,52	
Sst verw.	OMM	NW Rorbas	265540	684840	450	2,38	
Sst	OMM	S Fisibach b. Hägelen	266480	672860	430	2,34; 2,37	
Sst verw.	OMM	S Fisibach b. Hägelen	266480	672860	430	2,22	
Sst weich	OMM	Oberwiesen S Fisibach	267340	673060	405	1,81; 1,91	40
Sst hart	OMM	Steinbruch zwischen Weiach und Raat	267350	675880	440	2,60	330
Sst	OMM	Tößegg	267420	683920	360	2,07; 2,10	65
Sst hart	OMM	Steinbruch Zweidlen	268110	677170	440	2,48	200
Sst	OMM	Steinbruch Zweidlen	268110	677170	440	2,32; 2,38	200
Sst weich	OMM	Steinbruch Zweidlen	268110	677170	440	2,02	200
Sst	USM	Gebenstorf	259120	660100	360	2,23	
Kn	USM	Gebenstorf	259120	660100	360	2,64	
Sst	USM	Hohenegg b. Eglisau	270700	682250	430	2,16	
Msst	USM	Hohenegg b. Eglisau	270700	682250	430	2,40; 2,56 2,50; 2,64	
M	USM	Hohenegg b. Eglisau	270700	682250	430	2,17; 2,20 2,30; 2,50 2,30; 2,34	
Ka	Malm	SE Oberehrendingen	260150	668950	610	2,64	620
Ka	Malm	SW Würenlingen	263780	661050	440	2,60	80
Ka	Malm	SW Würenlingen	263830	661040	430	2,61	400
Ka	Malm	SE Oberehrendingen	265140	664420	400	2,67	660
Ka	Malm	E Tegerfelden	268300	664750	500	2,59	85
Ka	Malm	Steinbruch Mellikon	268750	668560	400; 390	2,64; 2,65	750; 270
Ka	Malm	E Mellikon	268780	669280	390	2,63	250
Kado	Trias	SW Koblenz	273020	659560	320	2,52	830

In der Kolonne ρ der Tabellen I und II sind teils zwei Werte nebeneinander (an einer Stelle drei Werte) aufgeführt. Sie entsprechen verschiedenen Probestücken aus dem gleichen Aufschluß. Die beiden Probestücke stammten im allgemeinen aus Stellen des Aufschlusses, die weniger als 1 m voneinander entfernt waren. Die Differenz der beiden Werte schwankt zwischen Null und $0,07 \text{ g/cm}^3$ in der Tabelle I und zwischen Null und $0,14 \text{ g/cm}^3$ in der Tabelle II. Die meisten Differenzen übersteigen bei weitem den mittleren Fehler der einzelnen Dichtebestimmung und geben somit ein Bild von den Inhomogenitäten der Dichte, die in einem Aufschluß auftreten können, trotzdem dem Geologen das zutage tretende Gestein makroskopisch als durchaus homogen erscheint. In der Tabelle I beträgt der Durchschnittswert der Differenz der beiden Bestimmungen von ρ aus dem gleichen Aufschluß

für Sandstein $0,018 \text{ g/cm}^3$ (16 Aufschlüsse),
 für Mergelsandstein $0,026 \text{ g/cm}^3$ (7 Aufschlüsse),
 für Mergel $0,033 \text{ g/cm}^3$ (6 Aufschlüsse).

Über die größtmöglichen Dichteschwankungen, hervorgerufen durch Schwankungen in der Durchfeuchtung des gleichen Gesteins, gibt $\rho_n - \rho_t$ Aufschluß. Aus Tabelle I entnimmt man $0,01 \text{ g/cm}^3$ als Minimalwert, $0,18 \text{ g/cm}^3$ als Maximalwert und $0,068 \text{ g/cm}^3$ als Durchschnittswert dieser Differenz aus 17 Fällen.

Für das Gebiet «Sihltal» erhält man aus Tabelle I folgende Mittelwerte für die Bruttodichte ρ der verschiedenen Gesteinsarten:

Sandsteine $2,61 \pm 0,010 \text{ g/cm}^3$ (aus 36 Werten)
 Mergelsandsteine $2,61 \pm 0,010 \text{ g/cm}^3$ (aus 17 Werten)
 Mergel $2,62 \pm 0,011 \text{ g/cm}^3$ (aus 14 Werten)
 Süßwasserkalke und Mergelkalke $2,63 \pm 0,029 \text{ g/cm}^3$ (aus 5 Werten)

Die Zahlen hinter dem Zeichen \pm sind die Streuungen (mittlere quadratische Abweichungen) der angegebenen Mittelwerte. In diesen Werten für ρ ist eine Zunahme der Bruttodichte mit wachsendem Kalkgehalt angedeutet. Hingegen läßt sich aus Tabelle I keine Abhängigkeit der Dichte ρ von der Meereshöhe und den Koordinaten der Aufschlüsse feststellen.

Will man aus den Dichtemessungen an den Gesteinsproben für das Gebiet «Sihltal» eine mittlere Bruttodichte der oberen Süßwassermolasse herleiten, so hat man den prozentualen Anteil der verschiedenen Gesteinsarten zu berücksichtigen. N. Pavoni macht darüber folgende Angaben:

Anteil der verschiedenen Molassegesteine am Schichtprofil:

	Gebiet des Zimmerbergtunnels	NE-Abschnitt des Albistunnels (Oberalbis)
Nagelfluher	0 %	2%
Sandsteine	45 %	43%
Mergelsandsteine	17 %	20%
Mergel	37,5%	34%
Kalke	0,5%	1%

Im SW-Abschnitt des Albistunnels (Deinikoner Wald) nimmt der Anteil der Mergel auf Kosten der Nagelfluhen und Sandsteine auf etwa 40% zu.

Nach diesen Angaben folgt als Durchschnittswert der Dichte der OSM im Sihltal-Gebiet $2,61 \text{ g/cm}^3$.

Um schließlich eine Übersicht über die Dichte der Molassegesteine im Gesamtgebiet «Zug-Rhein» zu erhalten, sind in Fig. 1 die Entnahmestellen für die Gesteinsproben eingetragen und die Dichtewerte beigefügt. Im Gebiet «Sihltal» sind dabei benachbarte Entnahmestellen in Gruppen zusammengefaßt, und es ist für jede Gruppe ein Durchschnittswert der Dichte angegeben. Man stellt fest, daß die Dichte im allgemeinen mit wachsendem Abstand von den Alpen, d. h. von Süden nach Norden, abnimmt. Für genauere Aussagen ist jedoch das vorliegende Material zu spärlich.

§ 4 Die Schwerekarten des Gebietes «Sihltal»

A. Auswahl und Einmessung der Stationen

Für die Wahl der Aufstellungsorte des Gravimeters (= Schwerestationen) waren verschiedene Gesichtspunkte maßgebend. Wo es möglich war, wurden «Molassestationen» gewählt, d. h. Punkte, in denen entweder Molasse anstehend oder nach den geologischen Befunden die Quartärbedeckung höchstens einige Meter mächtig ist. Dies entspricht somit dem von P. GREENER 1954 angewandten Verfahren. Mit Rücksicht auf die topographischen Korrekturen wurde die unmittelbare Nachbarschaft von Geländeunebenheiten, die auf der Landeskarte 1:25000 nicht dargestellt sind (Dämme, Gräben, steile Böschungen usw.), gemieden. Die Stationshöhen mußten auf 1 dm genau bekannt sein. In Gebieten mit fertiger Grundbuchvermessung wurden daher als Stationen Polygonpunkte mit bekannten Höhen gewählt oder Punkte in unmittelbarer Nachbarschaft von Polygonpunkten, so daß auf alle Fälle die Stationshöhe leicht feststellbar war. In Gebieten ohne Grundbuchvermessung mußten die Stationshöhen dadurch ermittelt werden, daß zwischen Triangulationspunkten Polygonzüge eingeschaltet wurden.

B. Basisstationen

P. GREENER (1954) hat für seine Schweremessungen ein Netz von neun Basisstationen, Nr. I bis IX, benützt. Die Basisstation I befindet sich im Hauptgebäude der ETH, in der Kabine neben dem Zimmer 19c. Nach Messungen von GREENER ist die Schwere auf dieser Basisstation um 2,77 mgl kleiner als auf der Fundamentalstation des schweizerischen Schweregrundnetzes, die sich auch im Hauptgebäude der ETH, im Raum 27a des geodätischen Institutes, befindet. Es hat in diesem Raum eine Reihe von hohen und eine Reihe von niederen Pfeilern. In der Reihe der niederen Pfeiler ist die Fundamentalstation auf dem zweiten Pfeiler von Osten nach Westen gezählt. Die Messungen mit dem Worden-Gravimeter auf diesem Pfeiler wurden ohne Stativ ausgeführt. Die Basisstation Nr. X befindet sich im Gebiet «Reuß-Lenzburg», nämlich bei Möriken (§ 6), die Basisstationen Nr. XI bis XXI im Gebiet «Sihltal». Zwischen den Basisstationen Nr. XI bis XX und I wurden gemäß dem Schema von Fig. 2 Schweredifferenzen gemessen und die Widersprüche im System nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen (K. Vetsch). Die Schweredifferenz zwischen der Basisstation XXI und der Fundamentalstation wurde separat gemessen (P. Müller und W. Schneibel). In den nachstehenden Beschreibungen der Basisstationen haben die verwendeten Buchstaben folgende Bedeutung: X und Y sind die Landeskoordinaten, ausgedrückt in Meter, H die Meereshöhe der Station, ausgedrückt in Meter, und zwar die

Höhe der unteren Enden der Fußschrauben des Gravimeters. u_H ist die Schwere auf der beschriebenen Basisstation minus die Schwere auf der Fundamentalstation des Schweregrundnetzes, ausgedrückt in Houston-mgl, u_F die gleiche Schweredifferenz, ausgedrückt in französischen mgl. Nach § 2 ist $u_F = 0,9981 u_H$.

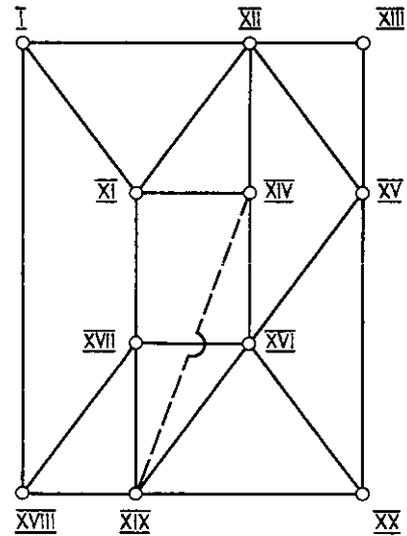


Fig. 2. Schema des Netzes der Basisstationen.

Basisstation Nr. XI, Langnau a. Albis

X = 237780 m
 Y = 683626 m
 H = 467,2 m

$u_H = -19,88$

$u_F = -19,84$

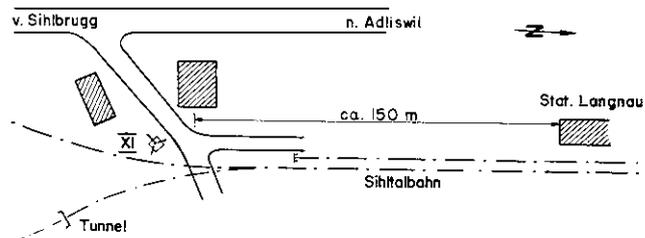


Fig. 3a und b. Basisstation XI.

Die Station (Fig. 3a und b) liegt etwa 150 m südlich des Bahnhofes Langnau an der Linie nach Sihlbrugg, neben einem Feldweg, der über die Bahn führt. Sie befindet sich auf einem Schacht, der auch als Anker einer Leitungsmaststrebe dient. Das Instrument stand am Rande des Schachtes, mitten auf der eingekratzten Jahreszahl 1926. Es wurde ohne Stativ, direkt auf dem Beton gemessen.

Basisstation Nr. XII, Horgen-Oberdorf

X = 234901 m

Y = 687080 m

H = 483,6 m

$u_H = -31,49$

$u_F = -31,43$

Diese Station (Fig. 4a) kann wegen Umbauarbeiten nicht mehr bezogen werden. Sie lag bei der Bahnstation Horgen-Oberdorf, an der Bahnlinie Zürich-Gotthard, zwischen der Straße und der Rampe des Güterschuppens.

Es wurde jedoch die Schweredifferenz zu einer benachbarten Ersatzstation XIIa gemessen.

Basisstation Nr. XIIa, Ersatz für Basisstation Nr. XII

X = 234927 m

Y = 687079 m

H = 479,9 m

$u_H = -30,62$

$u_F = -30,56$

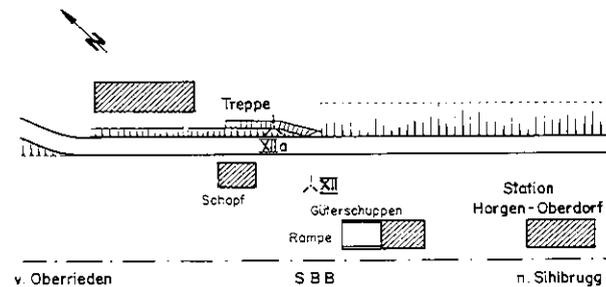


Fig. 4a. Basisstationen XII und XIIa.

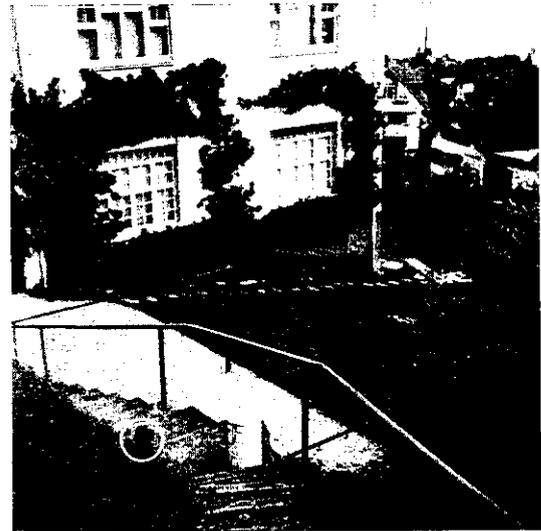
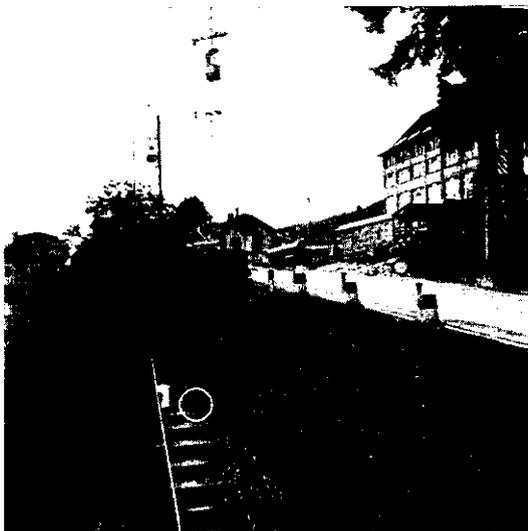


Fig. 4b und c. Basisstation XIIa.

Die Ersatzstation (Fig. 4a, b und c) befindet sich auf der obersten der breiten Stufen einer gewundenen Steintreppe, die von der Straße zu einem größeren Haus führt. Das Gravimeter wurde auf der bergseitigen Ecke, nahe am Stufenabsatz und ohne Stativ aufgestellt.

Basisstation Nr. XIII, Schönegg oberhalb Wädenswil

X = 232469 m

Y = 691411 m

H = 526,7 m

$u_H = -46,04$

$u_F = -45,95$

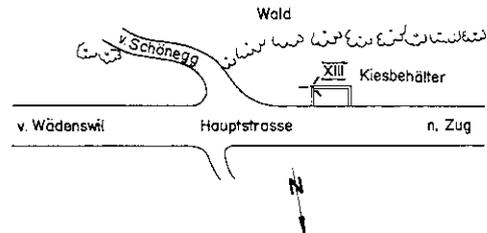


Fig. 5a und b. Basisstation XIII.

Die Station (Fig. 5a und b) liegt an der Hauptstrasse von Wädenswil nach Zug, bei der Abzweigung des Weges nach dem Restaurant «Schönegg», auf der südöstlichen Ecke eines Kiesbehälters. Sie ist ohne Stativ auf der Mauerkrone gemessen. Für zwei Schraubenfüsse ist eine kleine Vertiefung eingemeißelt, damit das Instrument besser horizontal zu stehen kommt.

Basisstation Nr. XIV, Bahnstation Sihlbrugg

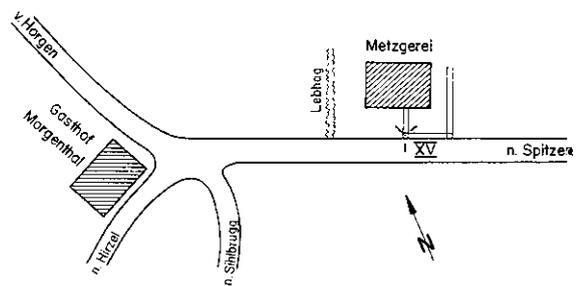
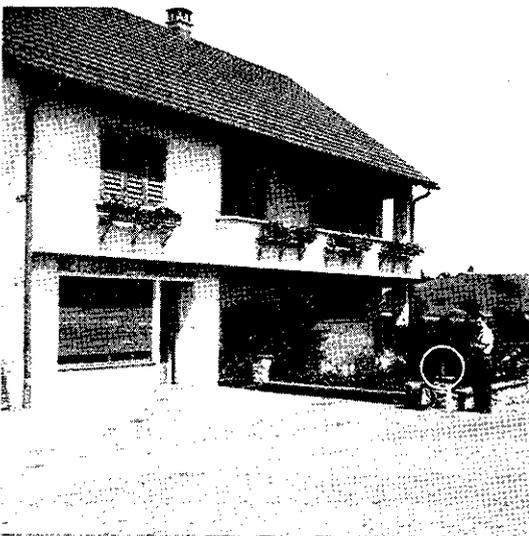


Fig. 6a und b. Basisstation XV.

X = 232 625 m
Y = 686 217 m
H = 514,1 m

$u_H = -42,24$

$u_F = -42,16$

Die Station kann infolge Erweiterung der Bahnstation Sihlbrugg nicht mehr bezogen werden.

Basisstation Nr. XV, Morgental b. Hirzel

X = 229 975 m
Y = 688 880 m
H = 670,8 m

$u_H = -77,72$

$u_F = -77,57$

Die Station (Fig. 6a und b) liegt in der Nähe des Straßenkreuzes beim Gasthaus «Morgental», an der Straße nach Spitzen, auf dem südwestlichen Ecksockel der Garteneinfassung der Metzgerei Korrodi, etwa 0,65 m höher als die Straße. Es wurde ohne Stativ auf der Sockelmitte gemessen.

Basisstation Nr. XVI, Sihlbrugg-Dorf

X = 230 265 m
Y = 686 259 m
H = 535,1 m

$u_H = -48,46$

$u_F = -48,37$

Diese Basisstation kann wegen Straßenkorrektur und Ausbaus der Kreuzung beim Gasthaus «Löwen» nicht mehr benützt werden.

Basisstation Nr. XVII, Kappel a. Albis

X = 231 803 m
Y = 682 386 m
H = 597,4 m

$u_H = -55,67$

$u_F = -55,56$

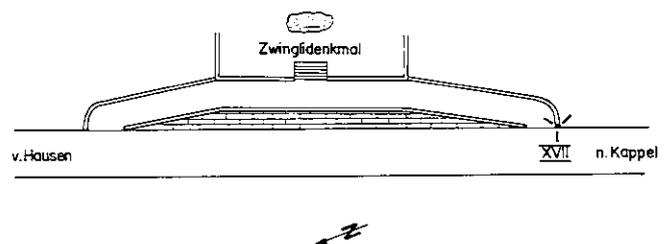
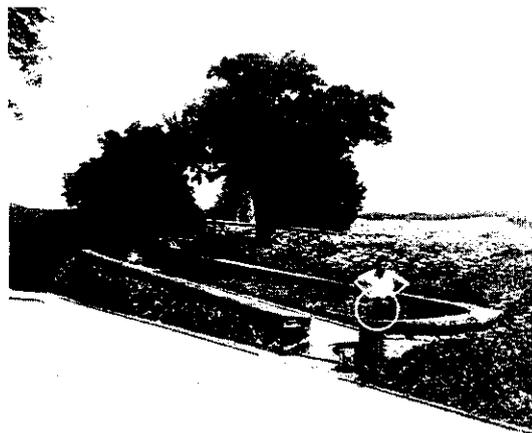


Fig. 7a und b. Basisstation XVII.

Die Station (Fig. 7a und b) liegt an der Straße von Kappel nach Hausen, auf dem äußeren Mauerende des Einganges zum Zwinglidenkmal, und ist ohne Stativ in der Mauermitte gemessen.

Basisstation Nr. XVIII, Bibersee

X = 228968 m
 Y = 678185 m
 H = 436,5 m

$u_H = -25,66$

$u_F = -25,61$

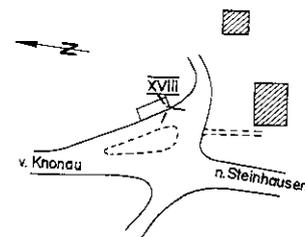


Fig. 8a und b. Basisstation XVIII.

Die Station (Fig. 8a und b) liegt an der Straße von Knonau nach Steinhausen, beim Weiler Bibersee. Sie befindet sich auf einem Betonblock, der für die Milchkannen bestimmt ist, bei der Einfahrt zu den Häusern. Sie ist ohne Stativ gemessen auf der südwestlichen Ecke.

Basisstation Nr. XIX, Baar

X = 227644 m
 Y = 682913 m
 H = 451,1 m

$u_H = -35,16$

$u_F = -35,09$

Die Station ist wegen Straßenumbaus nicht mehr benützbar.

Basisstation Nr. XX, Bad Schönbrunn

X = 225672 m
 Y = 685386 m
 H = 674,9 m

$u_H = -86,88$

$u_F = -86,71$

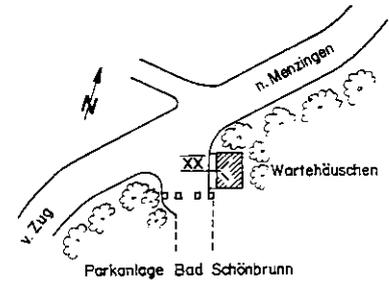


Fig. 9a und b. Basisstation XX.

Die Station (Fig. 9a und b) liegt an der Straße von Zug nach Menzingen. Vor dem Zufahrtsweg zum Bad Schönbrunn steht ein Postauto-Wartehäuschen. Die Basis befindet sich in der Mitte der beiden Eingangspfeiler, dicht beim Treppenabsatz. Sie wurde ohne Stativ auf dem betonierten Fußboden gemessen.

Basisstation Nr. XXI, Feldmeilen

$$X = 236621 \text{ m}$$

$$Y = 689754 \text{ m}$$

$$H = 411,4 \text{ m}$$

$$u_H = -14,97$$

$$u_F = -14,94$$

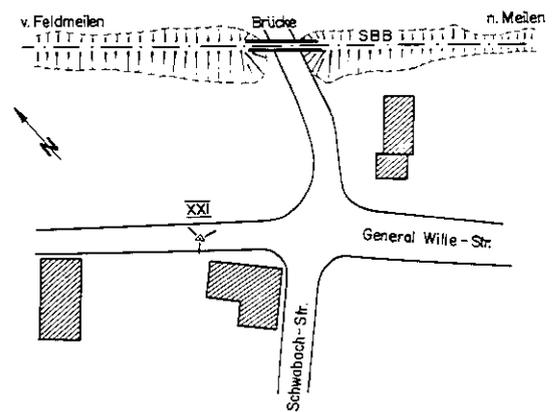


Fig. 10a und b. Basisstation XXI.

Die Station (Fig. 10a und b) ist in Feldmeilen an der General-Wille-Straße (alte Landstraße), etwa 50 m von der Kreuzung mit der Schwabachstraße entfernt.

Die Station ist ein Triangulationspunkt der eidg. Landestopographie. Das Gravimeter wurde ohne Stativ verwendet und auf dem Schachtdeckel des T. P. (15 cm über dem Stein) aufgestellt.

C. Die gemessenen Schweredifferenzen

Von jeder Schwerestation wurde die Schweredifferenz zu einer benachbarten Basisstation gemessen. Die Messungen wurden in Schleifen ausgeführt, d. h. das Gravimeter wurde zuerst auf einer Basisstation abgelesen, dann nacheinander auf einer Anzahl von Schwerestationen und am Schluß wiederum auf der Basisstation. Die beiden Messungen auf der gleichen Basisstation ergaben verschiedene Ablesungen, da in der Zwischenzeit, die auf maximal zwei Stunden bemessen wurde, die Schwere infolge der Bewegungen von Sonne und Mond relativ zum Beobachtungsort variiert und jedes Gravimeter zudem eine Drift besitzt. Die zeitlichen Schwerevariationen sowie die Drift des Instrumentes können in einem Intervall von zwei Stunden als lineare Funktionen der Zeit angenommen werden, so daß die Differenzen der Schwere auf den bezogenen Stationen zur Schwere auf der Basisstation durch lineare Interpolationen erhalten wurde. Um Zeit zu gewinnen, wurde ein Teil der Messungen nicht in geschlossenen, sondern in offenen Schleifen ausgeführt, d. h. in Verbindung zwischen zwei verschiedenen Basisstationen. Da die Schweredifferenz zwischen den Basisstationen bekannt war, wurden die Schweredifferenzen zwischen den bezogenen Zwischenstationen und einer Basisstation wiederum durch lineare Interpolation erhalten. In der Regel wurde auf jeder Schwerestation in zwei verschieden zusammengestellten Schleifen, d. h. zweimal, gemessen. Unterschieden sich die beiden erhaltenen Werte der Schweredifferenz zu einer Basisstation um höchstens 0,10 mgl, wurde das arithmetische Mittel der beiden Ergebnisse genommen, andernfalls wurde die Schwerestation noch in eine dritte Schleife einbezogen und das arithmetische Mittel der drei Ergebnisse genommen. Das maßgebende arithmetische Mittel erlaubte die Bestimmung der Schweredifferenz zwischen der Schwerestation und der Fundamentalstation des schweizerischen Schweregrundnetzes. Diese Schweredifferenz, im Sinne Schwere auf der beliebigen Station minus Schwere auf der Fundamentalstation, ausgedrückt in Houston-mgl, soll kurz als *gemessene Schweredifferenz* u bezeichnet werden. Die Werte von u für die Schwerestationen des Gebietes «Sihltal» sind in Tabelle IV zusammengestellt. (Die Stationen in dieser Tabelle sind nach Wertebereichen von Y gruppiert und in jeder Gruppe nach wachsenden X -Werten geordnet.)

D. Die Reduktionen

Die gemessenen Schweredifferenzen u eignen sich nicht unmittelbar als Grundlage für eine kartographische Darstellung und für eine Interpretation. Die Werte u sind vorerst zu reduzieren. Je nach dem Zweck, den man mit den Schweremessungen verfolgt, werden verschiedene Reduktionsmethoden angewendet. Im vorliegenden Falle wurde nach Bouguer reduziert. Bei der Bouguer-Reduktion wird im Innern der Erdkruste ein Reduktionsniveau gewählt, in der vorliegenden Arbeit das Meeresniveau. Die Massen zwischen der Erdoberfläche und dem Reduktionsniveau sind die sog. sichtbaren Massen. Bei der Bouguer-Reduktion werden von der an einer Schwerestation S bestehenden Schwerebeschleunigung $g(S)$ die Normalschwere $\gamma(S)$ in diesem Punkte, sowie die Vertikalkomponente $b_s(S)$ der von den sichtbaren Massen herrührenden Gravitationsbeschleunigung subtrahiert. Aus praktischen Gründen

wird noch eine willkürliche Konstante hinzugefügt. Man erhält so die Bouguerschen Schwereanomalien $v(S)$, die in Tafel I für das Gebiet Sihlbrugg kartographisch dargestellt sind. Es ist also

$$v(S) = g(S) - b_s(S) - \gamma(S) - C_1.$$

Nach dem vorangehenden Abschnitt C ist $g(S) = u(S) + g_0$, wobei g_0 die Schwerebeschleunigung auf der Fundamentalstation des schweizerischen Schweregrundnetzes ist. Bei der Berechnung der Korrektur $b_s(S)$ kann man sich auf einen Umkreis von 20 km um die Station beschränken. Die sichtbaren Massen in diesem Umkreis bestehen, abgesehen vom Wasser der Seen, fast ausschließlich aus Molassegesteinen, für deren Dichte ein konstanter Wert $\rho_0 = 2,60$ angenommen wurde. Man hat damit z. B. darauf verzichtet, die kleinere Dichte der Quartärauffüllungen der Täler zu berücksichtigen, da man über diese Dichte nichts Genaueres weiß. In der Karte der Bouguerschen Anomalien bilden sich daher solche Quartärauffüllungen als negative Schwerestörungen ab. $b_s(S) = P(S) - T(S)$. Die topographische Korrektur $T(S)$ ist der Betrag, um den die Schwere zunähme, wenn man das Terrain auf das Niveau von S ausebnen würde. $T(S) = -T_w + \rho_0 \Theta_f$. T_w ist die in mgl ausgedrückte Vertikal-komponente der Anziehung der sichtbaren Wassermassen, insbesondere des Zürichsees und des Zugersees. Θ_f ist die topographische Korrektur der Erdoberfläche nach Wegnahme der sichtbaren Wassermassen, und zwar für die Dichte 1 und in mgl ausgedrückt. Zur Bestimmung von T_w und Θ_f wird auf geeigneten Karten das Gelände im Umkreis von 20 km um jede Station durch Kreise mit dem Stationspunkt als Zentrum in Kreisringe und jeder Kreisring durch vom Stationspunkt ausgehende Strahlen in kongruente Kreisringsektoren eingeteilt. Aus Tabelle III ist die verwendete Einteilung zu entnehmen.

Tabelle III

Sektoreneinteilung für die topographischen Korrekturen

Radius in Kilometer :	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8	12	16	20
Anzahl der Sektoren :	8	8	16	16	32	16	16	16	16	16	16	32	32	16	16	16	16	32

Für jede Station wurde in jedem Kreisringsektor die mittlere Geländehöhe abgeschätzt und der entsprechende Beitrag an Θ_f bzw. T_w , einer am Institut für Geophysik der ETH berechneten Tabelle entnommen. Als Kartenunterlage für die Schätzung der mittleren Geländehöhen innerhalb 6 km Radius wurde die Landeskarte 1:25000 benützt, für die Kreisringe zwischen 6 km und 20 km Radius eine von W. Schneibel eigens zu diesem Zwecke gezeichnete Karte mittlerer Geländehöhen 1:100000. Um diese Karte zu zeichnen, wurde in jedem Koordinatenquadrat von 1 km Seitenlänge die mittlere Geländehöhe geschätzt. Fig. 11 stellt einen Ausschnitt aus dieser Karte dar. $P(S) = 2\pi k_0 \rho_0 H$ ist die Plattenkorrektur. k_0 ist die universelle Gravitationskonstante und H die Meereshöhe von S. Drückt man H in Meter aus, so ist $P(S) = 0,04191 \rho_0 H$ mgl. In Tabelle IV sind die Werte von H angegeben, ebenso die in Meter ausgedrückten Landeskoordinaten X und Y der Stationen. Die Bestimmung der Normalschwere $\gamma(S)$ wurde auf Grund der Landeskoordinaten vorgenommen und dabei die Meridiankonvergenz vernachlässigt. Der dadurch entstehende Fehler beträgt im Kartengebiet im Maximum 0,12 mgl. Er kann angesichts des Zwecks der Karte und der beschränkten Genauigkeit der topographischen Korrekturen ohne weiteres in Kauf genommen werden.

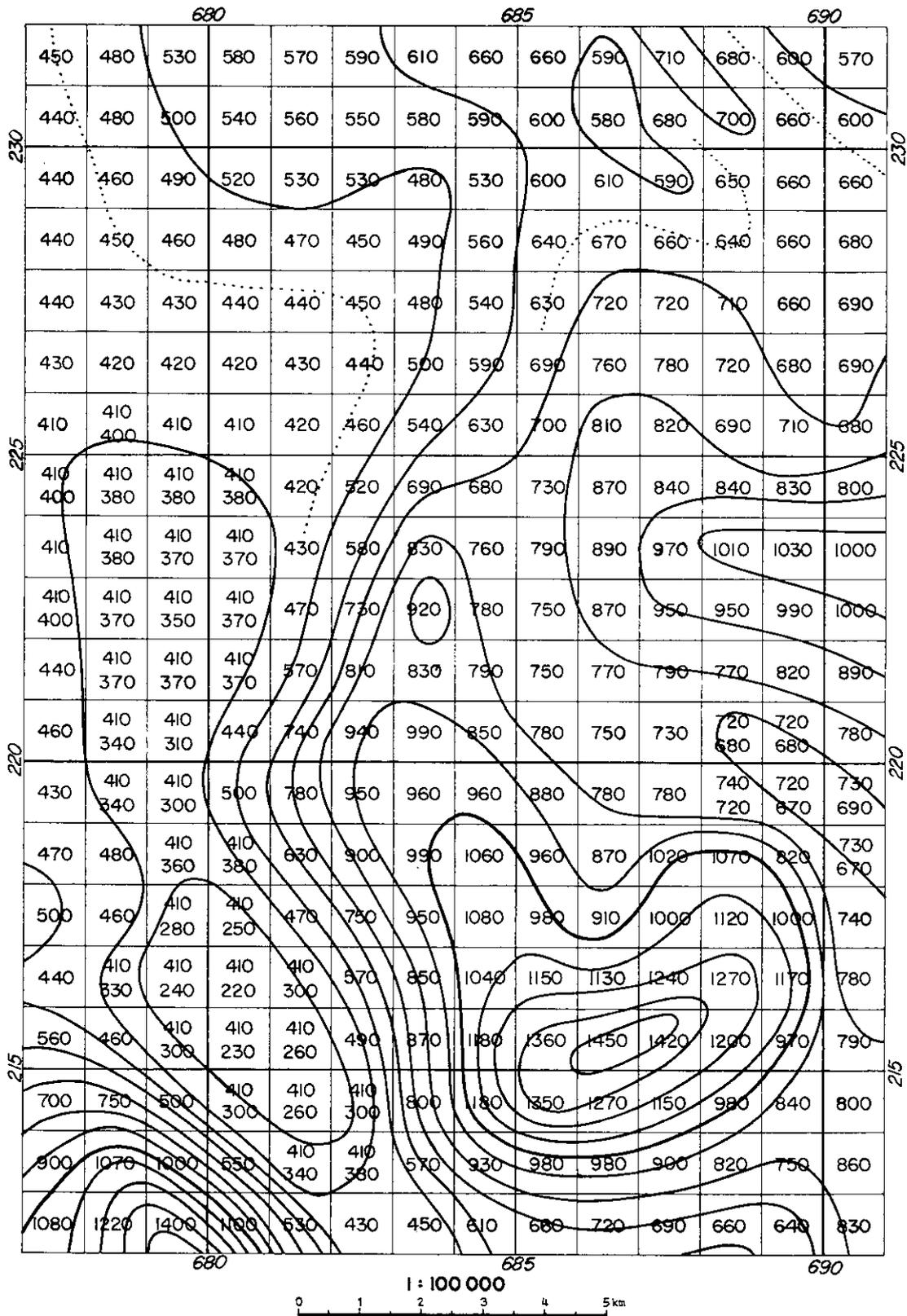


Fig. 11. Ausschnitt aus einer Karte mittlerer Geländehöhen 1:100000.

$$\gamma(S) = \gamma_0(X_0) \div 0,00081(X - X_0) - Q_f(N \div H) \text{ mgl.}$$

$X_0 = 220000$ m ist eine willkürlich gewählte Ausgangskordinate. γ_0 ist die Normalschwere auf der Oberfläche des Erdellipsoides. $Q_f = 0,30855$ mgl/m ist der Freiluftgradient der Normalschwere. N ist die Erhebung des Geoides über dem Erdellipsoid, die im Untersuchungsgebiet als konstant angenommen werden darf. Setzt man schließlich die willkürliche Konstante $C_1 = g_0 - \gamma_0(X_0) \div Q_f N - 2,77$, so ergibt sich für die Berechnung von $v(S)$ aus $u(S)$ schließlich

$$v(S) = u(S) \div 2,77 \div T \div 0,19958 \cdot H - 0,00081(X - X_0) \text{ (in mgl).}$$

(Die Zahl 2,77 in C_1 rührt davon her, daß die Schweremessungen im Gebiet «Sihltal» zunächst auf den von P. GREENER benützten Fixpunkt bezogen wurden. Die Schwere in diesem Punkte ist um 2,77 mgl kleiner als an der Fundamentalstation des schweizerischen Schweregrundnetzes.)

Zur Abschätzung des mittleren zufälligen Fehlers von v sei der mittlere Fehler von H zu 1 dm angenommen, ferner sei gemäß § 5B 2,6 $m_\Theta = 0,156$ mgl der mittlere Fehler von T und 0,02 mgl der mittlere Fehler von u . Es folgt daraus, daß der mittlere Fehler von v zu 0,16 mgl zu veranschlagen ist und im wesentlichen durch den mittleren Fehler in der topographischen Korrektur T bestimmt wird. Der Einfluß der Fehler der andern Größen ist dagegen zu vernachlässigen.

Tabelle IV

Schwerewerte im Gebiet «Sihltal»

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr. *
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{\text{cm}^3}$	mgl	mgl	
<i>675000-680000</i>							
225803	679490	416.0	-29.82	0.197	—	51.79	377
226059	677362	422.2	-27.49	0.096	—	54.88	394
226491	678782	416.7	-27.53	0.158	—	53.55	390
227228	677681	454.8	-32.10	0.200	—	56.11	374
227458	678961	442.9	-30.61	0.212	—	55.06	395
227814	677873	423.8	-24.84	0.123	—	56.50	373
228192	678705	441.7	-28.47	0.123	—	56.13	376
228526	677960	442.1	-27.50	0.109	—	56.87	372
228836	679875	477.0	-34.93	0.178	—	56.34	396
229032	678700	468.2	-32.19	0.131	—	57.04	375
229626	678011	443.2	-26.27	0.124	—	57.47	371
230114	678927	502.2	-38.67	0.212	—	56.69	370
230872	679582	510.7	-39.79	0.141	—	56.47	366
231011	678865	505.7	-38.12	0.347	—	57.56	365
231553	678115	476.8	-29.29	0.184	—	59.76	364
231709	679524	531.9	-40.62	0.173	—	59.28	362
232027	678299	495.2	-31.90	0.172	—	60.41	363
232338	679571	561.5	-45.69	0.229	0.002	59.74	361
233239	679757	597.5	-51.36	0.251	0.003	60.59	357

*) Die Stationsnummern unter 500 sind den Feldbüchern entnommen.

X	Y	H	u	Θ_F	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
<i>680000-685000</i>							
224363	683863	737.5	-101.07	0.943	0.027	47.78	384
224483	682522	575.3	-68.17	1.216	0.034	48.92	388
224600	681504	414.8	-35.19	0.743	0.107	48.46	383
225104	682448	478.6	-46.73	0.777	0.010	49.44	382
225229	684642	684.0	-89.26	0.698	0.006	47.59	386
225625	682939	498.2	-49.62	0.798	0.006	50.09	389
225693	683658	557.7	-61.75	0.694	0.008	49.52	385
225710	681186	421.8	-33.25	0.355	—	49.99	379
225845	684992	618.6	-75.72	1.019	0.004	48.43	352
225896	682222	427.5	-35.10	0.496	—	49.50	392
225996	684654	544.1	-59.80	1.434	—	50.43	230
226075	680689	420.3	-31.10	0.274	—	51.34	378
226333	683434	518.4	-52.18	0.607	—	50.50	217
226455	684696	523.8	-55.83	2.034	0.003	51.54	229
226547	684376	607.8	-70.26	0.538	0.002	49.91	387
226560	680060	422.7	-29.93	0.196	—	52.40	391
226570	681802	427.5	-33.37	0.396	—	50.43	231
226619	682798	436.9	-35.31	0.523	—	50.66	215
226729	682477	434.2	-35.04	0.391	—	49.96	212
226757	684804	513.0	-52.79	1.583	0.001	51.00	228
226776	683085	444.8	-35.93	0.613	—	51.71	216
226789	683445	502.5	-47.49	0.539	0.001	51.47	218
226790	681426	426.8	-32.03	0.340	—	51.30	209
226821	682052	433.2	-34.43	0.404	—	50.32	211
227030	684835	505.2	-49.75	1.158	—	51.17	227
227069	684362	585.0	-64.00	0.468	0.002	51.00	222
227118	682613	440.7	-35.08	0.382	—	50.86	213
227127	683912	539.0	-54.17	0.462	0.003	51.60	221
227169	681680	432.1	-33.07	0.295	—	50.90	207
227225	681275	428.4	-30.91	0.278	—	52.23	210
227233	683314	479.5	-41.52	0.461	—	52.29	219
227395	683605	503.1	-46.37	0.521	0.001	52.17	220
227442	682181	440.0	-34.73	0.313	—	50.64	206
227445	682698	445.8	-35.11	0.365	—	51.55	214
227525	684012	469.1	-39.99	0.788	—	52.35	223
227575	684847	491.4	-45.27	0.951	—	51.90	226
227628	682436	443.8	-35.02	0.324	—	50.98	205
227680	681456	429.8	-30.75	0.290	—	52.33	208
227714	683110	454.1	-35.47	0.372	—	52.65	203
227837	684821	486.0	-43.50	0.898	—	52.25	225
227884	682703	447.3	-34.51	0.344	—	52.03	204
227892	681936	436.3	-32.87	0.295	—	51.36	201
227940	680088	441.9	-30.17	0.162	—	54.78	380
227966	684340	476.4	-40.76	0.735	—	52.55	224
228017	683459	459.6	-36.13	0.432	—	53.00	196
228017	684068	510.7	-46.81	0.426	0.001	52.51	325
228184	682357	442.5	-33.39	0.310	—	51.87	319
228237	681286	451.6	-33.63	0.389	—	53.61	202
228245	682915	447.6	-33.75	0.346	—	52.57	199
228260	681895	437.0	-32.10	0.307	—	52.00	200

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
228301	684130	554.8	-55.45	0.605	—	52.90*	323
228457	684904	560.9	-56.51	0.562	—	52.81	326
228562	683146	449.1	-33.72	0.370	—	52.70	197
228580	682310	439.7	-31.75	0.378	—	52.81	318
228651	683757	477.8	-39.03	0.592	—	53.63	195
228658	681731	459.4	-35.63	0.343	—	52.71	312
228671	681418	453.2	-34.09	0.483	—	53.37	313
228674	682810	445.3	-32.57	0.374	—	53.01	198
228739	680504	503.1	-42.13	0.274	—	54.68	381
228845	684477	668.9	-79.54	1.228	—	52.76	324
228965	682399	471.9	-36.87	0.473	—	54.05	317
229163	681701	529.6	-48.77	0.237	—	52.90	311
229185	684003	492.6	-40.96	0.553	—	54.12	194
229217	683594	466.3	-35.14	0.426	—	54.33	321
229256	683242	461.8	-34.07	0.469	—	54.59	320
229306	682147	564.0	-55.53	0.396	—	53.29	314
229338	682663	520.1	-45.05	0.312	—	54.77	316
229377	681182	509.8	-43.51	0.172	—	53.86	309
229456	684266	503.0	-42.37	0.445	—	54.29*	193
229490	681810	540.0	-50.28	0.181	—	53.04	310
229567	684785	516.2	-44.99	0.423	—	54.15	192
229642	683073	534.7	-47.35	0.344	—	55.22	322
229703	681436	531.3	-47.87	0.160	—	53.50	308
229748	683673	476.0	-36.28	0.613	—	55.19	A 18
229776	682546	550.3	-50.23	0.218	—	55.02	315
229865	680081	527.3	-44.57	0.143	—	55.82	369
229893	683811	514.4	-43.28	0.323	—	54.98*	A 17
229910	681764	554.5	-52.01	0.167	—	53.83	307
230037	683950	530.5	-46.19	0.299	—	55.10	A 16
230038	684635	547.5	-49.95	0.292	0.001	54.72	191
230050	681507	555.0	-52.16	0.153	—	53.64	244
230109	682415	551.2	-49.59	0.202	—	55.53	243
230182	684088	542.6	-48.36	0.294	—	55.22	A 15
230247	684639	563.6	-52.81	0.285	0.003	54.88	234
230252	683473	553.5	-50.09	0.319	—	55.68	238
230267	681910	551.7	-49.89	0.130	—	55.01	242
230276	683162	538.0	-46.66	0.219	—	55.73	237
230289	680234	541.2	-47.29	0.162	—	55.58	367
230327	684226	548.2	-49.34	0.307	0.002	55.27	A 14
230463	683947	579.8	-55.25	0.286	0.001	55.50	235
230472	684364	568.4	-53.13	0.304	0.003	55.38	A 13
230610	683008	568.5	-52.08	0.227	0.001	56.15	236
230616	684503	594.7	-58.17	0.322	—	55.53	A 12
230654	681436	587.3	-56.82	0.173	0.002	54.98	247
230690	682122	551.3	-48.48	0.123	—	55.98	241
230751	680705	558.2	-51.33	0.222	0.003	54.71	368
230761	684641	621.1	-63.40	0.324	0.001	55.45	A 11
230794	682612	568.0	-51.70	0.159	0.001	56.10	240
230868	684459	621.1	-63.10	0.288	0.003	55.58	187
230906	684779	646.6	-68.37	0.338	0.005	55.48	A 10
230933	683492	613.0	-60.61	0.215	0.002	56.20	233
230966	681860	552.1	-47.83	0.131	—	56.59	245

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
230982	683938	614.0	-61.24	0.211	0.004	55.71	181
231050	684918	655.5	-69.87	0.309	0.003	55.58	A 9
231081	682368	557.5	-49.15	0.150	0.001	56.30	262
231154	682988	593.4	-56.01	0.166	0.001	56.59	232
231224	681529	559.2	-48.59	0.108	—	56.98	246
231276	683358	611.4	-59.63	0.174	0.004	56.48	252
231323	684100	617.3	-61.21	0.237	0.004	56.20	182
231401	682253	573.1	-51.58	0.121	0.001	56.65	239
231474	684762	659.2	-70.16	0.325	0.006	55.72	184
231599	682728	600.0	-56.59	0.149	0.001	56.92	270
231632	683576	599.1	-56.86	0.203	0.002	56.59	253
231662	683885	620.4	-61.25	0.255	0.006	56.55	256
231679	681978	580.3	-52.36	0.117	—	57.07	248
231680	681594	580.1	-51.88	0.123	—	57.53	249
231688	683110	608.4	-58.11	0.161	0.001	57.03	251
231767	680607	584.0	-52.06	0.169	0.003	58.17	360
231803	682386	596.5	-55.57	0.138	0.001	57.06	XVII
231900	682874	596.2	-55.23	0.142	0.001	57.26	271
231916	681290	586.4	-52.59	0.129	—	57.90	250
231938	684245	664.9	-70.30	0.401	0.003	56.54	183
231968	684714	693.1	-77.07	0.742	0.008	56.26	282
232022	681931	597.8	-55.20	0.133	—	57.49	263
232105	683390	605.9	-57.29	0.233	0.002	57.21	254
232106	683912	644.6	-65.63	0.335	0.003	56.85	255
232163	682604	593.7	-53.99	0.147	0.002	57.80	261
232199	680259	590.8	-52.10	0.190	0.002	59.19	359
232200	683050	596.5	-54.97	0.215	0.003	57.53	260
232365	682342	590.2	-53.72	0.142	0.002	57.19	264
232420	684922	853.2	-112.50	2.215	0.023	56.23	281
232425	684390	732.3	-84.38	0.945	0.012	56.93	283
232460	683505	629.4	-61.63	0.336	0.005	57.54	257
232497	680849	591.3	-52.07	0.131	0.002	58.93	358
232582	682715	596.3	-54.00	0.193	0.003	58.09	259
232598	681978	589.5	-52.61	0.129	0.002	57.94	265
232645	681420	586.8	-51.33	0.115	0.002	58.61	266
232707	683165	624.2	-59.87	0.320	0.005	58.02	258
232720	684718	841.8	-108.49	1.766	0.025	56.56	280
232823	684215	788.8	-96.20	1.418	0.017	57.28	279
232835	682570	599.0	-53.97	0.222	0.003	58.52	272
232926	684998	746.0	-87.83	1.443	0.021	57.09	14
232946	683932	766.3	-90.75	1.202	0.012	57.58	278
233043	681487	593.4	-51.77	0.140	0.002	59.23	267
233068	680935	598.3	-52.43	0.142	0.002	59.53	356
233095	681977	594.9	-53.06	0.147	0.002	58.21	268
233134	682280	597.9	-53.43	0.196	0.002	58.54	269
233226	684047	841.9	-107.15	1.608	0.020	57.10	284
233255	682875	612.4	-56.95	0.509	0.003	58.62	273
233295	683585	750.1	-85.94	0.939	0.009	58.19	277
233477	684530	747.0	-86.85	1.370	0.023	57.63*	13
233630	681505	595.8	-51.28	0.176	0.002	59.82	287
233695	682615	621.0	-57.56	0.424	0.006	59.17	274
233716	683194	726.0	-79.72	0.870	0.013	59.09	276

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl, $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
233796	680016	572.3	-45.09	0.210	0.002	61.27	355
233823	684852	641.2	-63.57	0.717	0.028	57.82	129
233842	681982	645.0	-61.45	0.408	0.004	59.90	291
233894	683703	894.7	-118.86	2.856	0.026	58.62	285
233974	680852	591.3	-49.42	0.165	0.001	60.47	354
234040	683175	777.5	-90.24	1.170	0.014	59.36*	286
234067	682403	637.8	-60.23	0.392	0.005	59.45	293
234134	684060	758.4	-87.37	1.379	0.024	58.92	12
234143	684564	634.6	-61.67	0.807	0.024	58.36	131
234200	682566	656.3	-63.87	0.497	0.011	59.66	275
234249	684970	581.1	-50.96	0.760	0.028	58.20	130
234252	681404	648.0	-60.97	0.330	0.003	60.45	288
234344	681810	689.3	-69.29	0.399	0.005	60.46	290
234409	683645	785.1	-91.81	1.422	0.024	59.65	11
234433	684490	614.3	-56.83	0.708	0.025	58.67	133
234460	683977	704.5	-75.43	1.170	0.024	59.25	7
234532	684716	558.1	-45.95	0.813	0.026	58.53	132
234543	682555	677.1	-67.55	0.462	0.007	59.77	298
234558	680670	598.7	-50.03	0.339	0.002	61.32	353
234615	682975	806.6	-96.62	1.646	0.021	59.55	299
234677	684326	613.1	-56.07	0.780	0.029	59.17	134
234731	681472	662.5	-62.71	0.269	0.004	61.05	289
234795	682009	669.8	-64.89	0.309	0.010	60.37	292
234844	683345	760.9	-85.22	1.032	0.023	60.05	10
234900	681210	651.1	-59.85	0.218	0.003	61.36	295
234906	684830	507.9	-35.33	0.759	0.029	58.68	18
234948	682780	736.0	-79.02	0.739	0.023	60.43*	300
234962	684481	558.8	-44.27	0.713	0.020	59.74	4
234984	682332	698.5	-70.89	0.486	0.010	60.40	297
235177	681655	662.4	-62.95	0.371	0.004	60.69	294
235202	683763	681.0	-68.23	0.722	0.027	59.99	6
235262	682125	704.4	-71.55	0.652	0.010	61.13	302
235274	684303	593.1	-50.46	0.465	0.032	59.49	3
235333	684790	495.7	-31.92	0.793	0.024	59.40	17
235337	683298	731.0	-77.53	0.756	0.027	60.65	9
235380	682628	770.7	-85.52	1.052	0.023	61.32	301
235440	681435	650.2	-60.02	0.555	0.006	61.45*	296
235675	684281	578.7	-46.70	0.595	0.032	60.39	2
235684	684777	485.4	-28.98	0.748	0.018	59.89	16
235700	683578	663.9	-63.84	0.733	0.035	60.58	5
235863	682357	869.4	-107.48	2.148	0.023	61.51	304
235874	683186	695.8	-69.48	0.801	0.024	61.36	8
235900	681780	819.8	-95.87	1.382	0.012	61.22	303
236054	683992	567.6	-43.61	0.573	0.033	60.90	1
236144	684515	482.1	-26.99	0.700	0.026	60.71	15
236168	682206	855.2	-103.39	1.917	0.026	61.92	305
236502	682144	815.5	-93.91	1.495	0.028	62.11*	306
236518	683163	590.1	-46.83	0.674	0.023	62.06	415a
237046	682608	645.9	-57.44	0.994	0.029	62.99	415
237140	684140	476.7	-23.51	0.561	0.021	61.96	419a
237470	683124	555.1	-37.43	0.397	0.025	62.99	419
237693	684577	566.7	-40.99	0.571	0.080	61.95	416

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
237780	683626	467.2	-19.88				XI
238438	684162	560.7	-38.10	0.522	0.089	62.91	424
238442	684897	480.6	-21.95	0.342	0.111	62.58	426
239677	684911	407.6	-6.10	0.538	0.238	63.24	422

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
<i>685000-690000</i>							
224609	685097	657.3	-85.25	0.892	0.009	47.28	329
224640	685558	741.2	-102.33	0.846	0.004	46.81	330
224802	685978	820.5	-118.91	0.685	0.006	45.51	341
225050	685258	651.3	-83.57	0.830	0.006	47.25	328
225273	686687	822.5	-119.19	0.442	—	44.61	344
225290	685659	733.3	-100.31	0.849	0.007	46.73	331
225355	686004	819.1	-118.69	0.781	0.008	45.24	342
225418	685207	642.9	-81.19	0.834	0.005	47.66	351
225596	686957	809.0	-115.87	0.448	—	44.99	345
225672	685386	674.6	-86.93	0.736	0.003	47.80	XX
225683	685660	731.9	-98.71	0.629	0.005	47.16	332
225734	686552	816.8	-117.55	0.555	—	45.04	343
225978	687359	807.9	-115.02	0.407	—	45.21	337
226052	686842	787.6	-110.62	0.440	—	45.58	336
226185	686286	760.1	-103.94	0.457	—	46.71	335
226280	687710	801.2	-113.91	0.490	—	44.94	338
226325	685391	701.8	-90.98	0.580	0.002	48.25	350
226362	685054	677.1	-85.85	0.710	0.001	48.76	349
226388	685729	727.0	-96.49	0.647	0.002	47.88	334
226455	687063	803.8	-113.51	0.529	—	45.83	339
226578	686237	753.3	-101.22	0.436	—	47.69	348
226731	686768	781.7	-107.87	0.511	—	46.79	340
226918	687976	687.7	-88.49	0.546	—	47.35	333
226951	686142	724.6	-94.57	0.437	—	48.63	346
227130	687358	666.5	-83.95	0.850	—	48.27	410
227185	686495	741.7	-97.88	0.401	—	48.14	347
227255	685289	655.5	-80.25	1.288	0.002	50.81	404
227417	688643	688.8	-87.68	0.341	—	47.44	407
227602	686198	709.7	-89.83	0.440	0.001	49.57	408
227718	688100	714.9	-92.36	0.362	—	47.78	406
227906	685290	580.0	-61.90	0.656	—	51.94	412
228001	685962	650.7	-76.11	0.473	—	51.28	403
228079	687013	641.0	-75.29	0.702	0.001	50.69	409
228257	687558	719.6	-91.77	0.569	0.002	49.41	405
228389	689058	582.4	-65.35	1.055	0.004	49.60	176
228393	685337	607.3	-66.49	0.696	0.002	52.49	411
228674	687090	664.8	-78.11	0.423	0.005	51.41	413

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
228720	685126	579.3	-59.95	0.613	—	52.97	327
228725	686633	620.6	-68.55	0.378	0.006	51.99	399
228800	689414	679.7	-83.12	0.277	0.004	48.89	174
228829	686108	666.5	-77.71	0.309	0.002	51.73	400
229002	685623	721.3	-90.38	1.225	0.003	52.24	401
229005	688961	642.9	-74.25	0.257	0.006	50.20	170
229084	686943	600.2	-64.13	0.423	0.006	52.16	398
229085	686083	662.0	-76.00	0.331	0.001	52.39	402
229152	689669	668.6	-80.03	0.248	0.011	49.40	173
229180	688436	643.5	-73.59	0.289	0.004	50.92	168
229182	689324	649.6	-75.49	0.220	0.012	50.05	172
229189	688020	634.1	-71.83	0.485	0.003	51.31	167
229282	687667	577.3	-59.81	0.537	0.003	52.05	414
229375	689021	633.8	-71.47	0.255	0.009	50.85	169
229432	685101	542.7	-50.67	0.400	—	53.81	189
229545	686581	557.7	-55.47	0.884	0.006	53.17	397
229558	689574	659.4	-76.86	0.228	0.015	50.35	171
229621	688610	665.9	-77.25	0.281	0.005	51.36	164
229637	688076	646.7	-73.09	0.425	0.009	52.04	163
229688	685820	573.8	-57.01	0.440	0.003	53.57	188
229796	687090	592.0	-61.54	0.721	0.004	53.32	161
229804	689214	654.9	-74.91	0.207	0.014	51.14	166
229806	685301	532.7	-47.96	0.425	0.001	54.29	190
229879	689989	677.4	-80.64	0.278	0.021	50.03	175
229905	688491	695.0	-82.71	0.364	0.012	51.68	165
229915	687650	623.9	-67.89	0.623	0.008	52.98	162
229975	688880	670.2	-77.67	0.246	0.010	51.41	XV
229992	686657	548.9	-52.40	0.710	0.005	53.67	160
230097	685994	540.3	-49.65	0.463	0.004	53.97	177
230165	685558	563.6	-53.47	0.330	0.003	54.41	178
230190	687295	650.5	-72.28	0.351	0.009	52.97	154
230220	688138	766.3	-97.90	0.937	0.016	51.95	145
230248	687616	686.2	-79.93	0.496	0.009	52.77	155
230265	686259	534.4	-48.39	0.475	0.004	53.96	XVI
230301	685212	583.8	-57.26	0.356	0.004	54.60	179
230435	689322	673.6	-77.77	0.345	0.024	51.86	138
230487	688875	667.8	-75.97	0.249	0.020	52.22	159
230488	688432	709.9	-84.82	0.494	0.019	52.39	144
230496	689933	642.8	-72.27	0.500	0.027	51.56	116
230524	686012	573.9	-55.45	0.401	0.004	54.38	120
230572	687181	647.1	-70.51	0.398	0.012	53.87	153
230597	687679	705.3	-83.14	0.485	0.013	53.06	156
230632	686696	609.8	-63.35	0.608	0.007	54.08	152
230666	685067	642.3	-68.05	0.332	0.006	55.13	180
230780	685817	620.9	-64.09	0.318	0.005	54.69*	186
230784	688020	761.0	-95.47	0.934	0.021	52.85	146
230793	688406	697.2	-81.47	0.413	0.019	52.76	143
230822	686143	606.5	-61.66	0.538	0.007	54.78	136
230882	689248	662.7	-74.96	0.418	0.019	52.33	80
230974	687277	685.5	-77.99	0.551	0.012	54.12	157
231075	688801	678.1	-77.27	0.337	0.028	52.72	158
231113	686712	526.2	-46.85	0.937	0.009	54.37	121

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	$\text{mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	mgl	mgl	
231 156	689848	569.6	—56.41	0.362	0.019	51.93	115
231 167	688280	692.3	—79.32	0.367	0.023	53.50	142
231 189	687780	733.6	—87.62	0.541	0.027	53.88	147
231 195	695056	648.9	—68.56	0.302	0.004	55.43	A 8
231 204	685495	684.0	—76.37	0.494	0.008	55.11	185
231 340	685194	669.2	—72.84	0.415	0.003	55.37*	A 7
231 410	688966	660.2	—73.18	0.434	0.030	53.21	79
231 411	688337	604.5	—62.09	0.429	0.027	53.18	78
231 423	686183	520.1	—45.27	1.122	0.009	54.96	135
231 485	685332	699.6	—78.91	0.576	0.007	55.68	A 6
231 563	688564	674.8	—75.39	0.383	0.042	53.64	139
231 570	688061	686.9	—77.23	0.380	0.026	54.22	140
231 597	689954	552.6	—51.79	0.329	0.031	52.70	114
231 609	687479	747.8	—90.19	0.755	0.025	54.37	148
231 629	685471	724.3	—84.92	0.972	0.012	55.50	A 5
231 774	685609	686.8	—78.01	1.215	0.012	55.44	A 4
231 780	688674	651.7	—70.52	0.405	0.036	53.80	81
231 807	686844	699.8	—79.83	0.821	0.025	55.16	151
231 900	686059	518.5	—44.32	1.135	0.012	55.23	122
231 919	685747	601.9	—60.37	0.905	0.010	55.21	A 3
232 013	687157	745.0	—88.79	0.790	0.035	54.96	149
232 022	687884	694.7	—78.37	0.495	0.036	54.56	141
232 061	688333	670.4	—73.78	0.419	0.046	54.06	82
232 063	685886	553.1	—50.61	0.932	0.013	55.19	A 2
232 084	689028	599.4	—59.70	0.441	0.038	54.02	75
232 153	689441	547.7	—49.85	0.395	0.039	53.38	71
232 160	685316	747.5	—90.13	1.238	0.015	55.18	137
232 195	689952	553.2	—50.41	0.334	0.047	53.71	70
232 212	686017	513.5	—43.36	1.425	0.011	55.71	A 1
232 268	686714	759.5	—93.65	1.904	0.038	55.67	150
232 324	685676	642.5	—67.63	0.796	0.018	55.44	125
232 387	688881	579.2	—55.47	0.569	0.036	54.31	76
232 411	687727	678.1	—74.13	0.449	0.043	55.05	61
232 435	689552	540.5	—47.75	0.379	0.044	53.76	72
232 495	685948	570.4	—53.23	0.737	0.011	55.17	123
232 577	687321	704.0	—79.13	0.505	0.037	55.22	60
232 585	689253	545.8	—48.33	0.398	0.052	54.16	74
232 608	685424	673.4	—73.02	0.881	0.019	56.21	126
232 625	686217	514.1	—42.24				XIV
232 700	686945	703.7	—79.12	0.697	0.038	55.57	59
232 809	685938	620.1	—62.32	0.932	0.033	56.22	124
232 952	688037	649.2	—68.56	0.624	0.070	54.84	62
232 967	685462	654.9	—68.37	0.846	0.024	56.78	127
233 001	688627	543.7	—47.29	0.544	0.060	54.81	77
233 040	689781	495.8	—37.92	0.419	0.064	54.27	68
233 119	686708	629.7	—63.05	0.504	0.037	56.04*	58
233 192	687542	641.2	—65.49	0.468	0.066	55.71	49
233 225	686141	508.2	—39.71	1.088	0.022	56.57	Z 11
233 243	687048	647.5	—66.28	0.483	0.073	56.17	48
233 261	685844	506.0	—39.11	1.089	0.020	56.72	22
233 327	685028	663.8	—69.85	0.959	0.020	57.08	128
233 425	686142	550.8	—47.36	0.718	0.027	56.32	Z 10

X	Y	H	u	Θ_f	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
233454	686569	616.0	-59.74	0.592	0.047	56.56	57
233455	689853	472.2	-32.59	0.450	0.093	54.60	67
233477	688000	554.8	-48.68	0.863	0.057	56.09	38
233500	689033	479.6	-34.05	0.618	0.076	55.03	73
233592	686252	613.1	-59.30	0.708	0.040	56.62	Z 9
233597	685804	557.5	-47.65	0.566	0.029	56.82	51
233597	688372	513.2	-39.77	0.554	0.109	55.74	37
233618	685415	503.5	-38.25	1.265	0.018	57.25*	21
233618	686981	638.2	-63.68	0.484	0.080	56.61	47
233661	689409	450.0	-27.67	0.504	0.091	55.06	66
233695	686425	655.4	-67.34	0.648	0.117	56.71	Z 8
233770	687591	584.7	-54.23	0.919	0.099	56.37	39
233790	686600	666.4	-69.32	0.621	0.112	56.78	Z 7
233860	688209	506.5	-37.83	0.531	0.105	56.08	36
233885	686773	640.1	-63.59	0.496	0.077	56.90	Z 6
233974	686081	673.6	-70.45	0.734	0.077	57.27	50
233977	689161	438.0	-24.76	0.520	0.125	55.34*	65
233980	686947	635.2	-62.72	0.572	0.098	56.89	Z 5
234075	687121	633.8	-63.49	0.958	0.116	56.74	Z 4
234133	686444	652.1	-65.47	0.611	0.093	57.50	46
234152	689575	408.3	-19.31	0.726	0.209	55.17	63
234163	688711	460.6	-28.67	0.601	0.182	55.94	31
234174	687291	565.1	-49.30	0.821	0.098	56.82	Z 3
234210	686960	630.9	-62.16	0.954	0.127	57.37	40
234228	685439	500.1	-35.63	0.914	0.024	57.78	20
234229	687890	490.0	-33.95	0.669	0.151	56.67	35
234345	687399	520.5	-39.88	0.695	0.108	56.86	Z 2
234360	688310	465.5	-29.21	0.644	0.173	56.33*	34
234380	686281	644.9	-63.58	0.538	0.086	57.56	45
234456	689004	413.7	-19.76	0.876	0.365	55.78	30
234520	685944	632.9	-60.65	0.574	0.071	58.09	44
234523	686720	617.5	-58.82	0.848	0.104	57.53	41
234542	685101	506.4	-35.77	0.793	0.026	58.33	19
234578	687360	485.6	-32.64	0.811	0.120	57.23	Z 1
234678	688475	420.7	-20.61	0.815	0.319	56.03	29
234789	687920	427.5	-21.02	0.717	0.181	56.77	33
234859	686166	620.7	-57.64	0.619	0.100	58.48	43
234890	685582	612.2	-55.54	0.532	0.055	58.68	54
234901	687080	483.6	-31.49				XII
234916	687494	440.8	-23.23	0.781	0.138	57.32*	32
235075	687942	407.6	-17.06	0.879	0.389	56.75	28
235131	685238	577.2	-47.81	0.451	0.052	59.02	52
235260	687394	408.1	-16.18	0.772	0.140	57.55	27
235279	686550	513.1	-36.59	0.939	0.118	58.52	23
235325	685996	618.1	-56.61	0.650	0.116	58.68	42
235340	686919	448.7	-23.66	0.817	0.122	58.23*	24
235467	685685	605.6	-53.13	0.461	0.088	59.09	55
235545	685142	576.6	-47.25	0.558	0.054	59.41*	53
235586	687149	410.0	-16.63	0.739	0.169	58.10	26
235717	686029	575.5	-47.79	0.810	0.130	59.09	56
235852	686813	432.8	-19.17	0.692	0.152	58.79	25
236074	685555	622.5	-56.55	0.953	0.121	59.80	418

X	Y	H	u	Θ_F	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	$\text{mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	mgl	mgl	
236250	686148	482.8	-27.64	0.619	0.144	59.79	420
236621	689754	411.4	-14.97	0.605	0.208	57.82	XXI
236791	685245	587.6	-47.60	0.692	0.118	60.52	417
237123	686484	407.9	-12.25	0.917	0.567	59.88	423
237185	685773	467.7	-22.32	0.437	0.131	60.87	421
237481	689813	509.1	-32.47	0.516	0.160	58.93	441
237488	688647	407.5	-13.60	1.153	0.769	58.56	438
237490	685156	500.0	-27.73	0.456	0.096	61.75	427
237724	686097	409.1	-10.53	0.702	0.235	61.12	428
238171	689179	505.6	-30.56	0.627	0.178	59.85	437
238252	688229	445.2	-19.45	1.272	0.748	59.95	433
238532	685699	409.1	-8.93	0.675	0.275	61.96	429
238700	689680	613.3	-51.15	0.568	0.135	60.21	435
238980	687910	463.6	-20.58	0.910	0.365	61.35	434
239011	685395	408.3	-7.71	0.669	0.343	62.55*	425
239397	689105	587.0	-43.75	0.419	0.108	61.44	432
239767	687019	407.2	-8.12	0.853	0.554	61.57	430
240020	687617	476.9	-20.27	0.590	0.165	62.83	431

X	Y	H	u	Θ_F	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	$\text{mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	mgl	mgl	
<i>690000-695000</i>							
230121	690065	682.2	-81.65	0.437	0.025	50.18	117
230136	690587	604.5	-65.80	0.309	0.018	50.19	118
230507	691115	587.8	-61.97	0.295	0.023	50.34	109
230579	690475	582.3	-59.83	0.334	0.020	51.44	112
230913	690900	582.3	-59.37	0.304	0.034	51.54	111
230955	691413	609.5	-65.61	0.366	0.045	50.84	108
231116	690430	569.5	-56.07	0.317	0.024	52.16	113
231378	690704	576.1	-56.91	0.268	0.038	52.28	110
231416	691724	586.0	-60.05	0.472	0.053	51.59	107
231514	691431	578.4	-57.80	0.375	0.048	52.01	104
231795	692035	501.5	-42.92	0.576	0.051	51.84	103
231849	690591	561.2	-53.15	0.286	0.044	52.72	106
231951	691235	563.0	-53.69	0.372	0.053	52.67	105
232098	691780	532.8	-48.11	0.548	0.070	52.55	102
232108	692156	481.2	-38.17	0.544	0.079	52.17	101
232226	690666	565.6	-53.34	0.348	0.061	53.25	100
232469	691411	526.7	-46.04				XIII
232590	692424	412.7	-24.12	0.609	0.055	52.35	91
232603	690877	551.6	-50.49	0.480	0.084	53.32	99
232689	690022	523.2	-43.89	0.381	0.063	53.95	69
232707	691950	432.8	-27.47	0.639	0.070	52.98	92
232713	690528	532.8	-46.40	0.441	0.074	53.48	98
233014	692376	407.8	-22.11	0.501	0.087	52.72	90

X	Y	H	u	Θ_r	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^2}$	mgl	mgl	
233015	690438	474.7	-34.29	0.489	0.072	53.88	97
233029	691404	473.4	-34.36	0.468	0.101	53.46	93
233155	690942	483.8	-35.99	0.482	0.118	53.82	95
233182	691882	424.1	-24.77	0.550	0.098	53.29	89
233400	690345	467.2	-31.97	0.477	0.104	54.33	96
233413	691300	430.9	-25.45	0.555	0.123	53.78	94
233612	691806	408.7	-21.27	0.565	0.213	53.30	88
233719	691224	407.6	-20.90	0.595	0.126	53.53	87
233826	691456	449.8	-30.44	0.871	0.426	52.74	119
233856	690487	408.2	-19.89	0.569	0.131	54.48	83
233875	690750	407.2	-20.31	0.551	0.134	53.79	84
233970	691584	408.1	-22.03	1.344	0.877	53.49	86
234039	690007	409.4	-19.81	0.661	0.216	54.80	64
234086	691259	406.8	-21.27	1.063	0.635	53.41	85
235571	692472	408.8	-17.73	0.532	0.128	55.28	446
235876	690938	407.2	-17.57	0.888	0.562	55.35	442
236023	691812	435.8	-21.79	0.572	0.163	56.30	445
236662	691858	523.5	-38.26	0.610	0.121	56.95	444
236887	691118	508.4	-33.98	0.523	0.134	57.81	443
237483	691926	610.8	-53.82	0.591	0.082	58.15	447
237791	690410	544.3	-39.03	0.419	0.099	58.95	440
238304	691442	635.8	-57.07	0.547	0.063	59.12	439
239324	690124	666.0	-60.34	0.555	0.076	61.07	436

E. Die Karten der Bouguerschen Schwereanomalien

Die Karte Tafel I enthält die Bouguerschen Schwereanomalien v aller Stationen sowie Kurven gleicher Werte von v in Intervallen von 0,5 mgl. Sie entspricht der «Bouguerkarte I» der Arbeit von P. GREENER. Die Karte dient in erster Linie als Hilfsmittel für die in § 5 beschriebene gravimetrische Gesteinsdichtebestimmung im Bereich des Zimmerberg- und Albistunnels. Sie zeigt die im ganzen schweizerischen Mittelland bestehende generelle Zunahme der Schwere mit wachsendem Abstand von den Alpen, also einen regionalen Schweregradienten. Die geologische Interpretation einer Bouguer-Karte wird erleichtert, wenn man zunächst diesen Gradienten eliminiert. Man denkt sich zu diesem Zwecke die Anomalie v in einen regionalen Anteil v_r und einen lokalen v_l zerlegt: $v = v_r + v_l$. Für v_r nimmt man eine lineare Funktion der Landeskoordinaten, die eine Approximation an v darstellt. Die Linien gleicher Werte von v_r sind dann parallele Geraden und der Gradient ist konstant. Man hat also $v_r = B_0 + B_1 X + B_2 Y$ gesetzt und die Koeffizienten so bestimmt, daß für 18 möglichst gleichmäßig über das Kartengebiet verteilte Molassestationen $\Sigma (v - v_r)^2$ ein Minimum wird. Die 18 dafür verwendeten Stationen sind in Tabelle IV durch * beim Werte v bezeichnet.

Die Rechnung ergab

$$v_r = + 217,39 - 0,94776 X - 0,55643 Y \text{ mgl.}$$

X, Y sind in Kilometer auszudrücken. Der Gradient ist demnach $\sqrt{B_1^2 + B_2^2} = 1,10$ mgl/km. Seine Richtung ist durch $\text{arc tg } (B_2/B_1)$ definiert und beträgt N 30,5° W. Tafel II zeigt die Karte der lokalen Bouguerschen Anomalien v_1 .

F. Geologische Interpretation der lokalen Bouguerschen Schwereanomalien

von N. Pavoni

Das ganze Untersuchungsgebiet zeigt keine nennenswerten positiven Anomalien. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die reduzierten Schwerewerte eine Streuung von etwa 0,2 mgl aufweisen, kann das ganze Gebiet W und SW des Zürichsees bis zu einer Linie Ober-Ort–Sihlbrugg–Dorf–Deinikon (bei Baar)–Türlersee als Einheit aufgefaßt werden. Irgendwelche gesicherte Aussagen über die Molasse-tektonik lassen sich für dieses Gebiet aus dem gegebenen Kartenbild nicht ableiten.

Dagegen sind einige z. T. recht kräftige negative Anomalien zu erkennen, die sehr gut in Übereinstimmung mit den bisherigen geologischen Beobachtungen sind und diese in willkommener Weise ergänzen.

Wir unterscheiden folgende negative Anomalien:

- a) Die negative Anomalie N des Zugersees
- b) Die negative Anomalie im nordöstlichen Teil des Kantons Zug
- c) Die negative Anomalie der Baarburg
- d) Die negative Anomalie der Halbinsel Au
- e) Die übrigen negativen Anomalien am Zürichsee
- f) Die negative Anomalie am Albishorn

a) Die negative Anomalie N des Zugersees

Ihre Achse verläuft in S-N-Richtung von Zug über Blickensdorf (NW Baar) nach Uerzlikon, um dann wesentlich abgeschwächt gegen W abzubiegen. Die Störung erreicht im ganzen achsialen Bereich Zug–Uerzlikon den Betrag von $-2,6$ mgl. Die Anomalie schließt sich in ihrem Verlauf zwanglos an den nördlichen Zugersee an, und es handelt sich wohl ohne Zweifel um alte, mit Quartär erfüllte Talabschnitte.

Diese Feststellung darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß die Anomalie geologisch aus zwei ganz verschiedenen Abschnitten besteht.

a₁) Die negative Anomalie in der Lorzeebene

Sie entspricht einem ursprünglich nördlichsten Teil des Zugersees, der durch glaziale und lakustrische Ablagerungen sowie durch das Geschiebematerial der Lorze aufgefüllt wurde. Die Quartärmächtigkeit unter der Lorzeebene darf auf Grund des Betrages der negativen Anomalie auf 150 m geschätzt werden,

unter der Annahme, daß die Talung vorwiegend mit Schotter- und Moränenmaterial aufgefüllt wurde. Sollten Seekreideablagerungen in größerem Maße vorkommen, so würde sich die geschätzte Mächtigkeit verringern.

a₂) Die negative Anomalie N Blickensdorf–Uerzlikon

Genau im Bereich dieser Anomalie sind im Gebiet N, W und E Blickensdorf mächtige trockene Schotter in Deltaschichtung aufgeschlossen. Die Schotter, z. T. begleitet von mächtigen Sandlagen, sind mehr als 80 m mächtig und werden zudem von Moränen der Würmeiszeit überlagert. Es ist anzunehmen, daß diese Schotter noch unter das Niveau der heutigen Lorzeebene hinabreichen. Der in Betracht stehende Abschnitt der negativen Anomalie ist bedingt durch diese älteren, präwürmischen Schotter, die ebenfalls rinnenförmig gelagert sind. Die Schotter dürften 100–150 m Mächtigkeit erreichen.

Von Interesse ist die negative Rinne, die in nördlicher Richtung über Kappel bis gegen Heisch zieht. Ihre nördliche Fortsetzung läßt sich in der heutigen Landschaft zwischen Gom und Huserberg bis zur Schnabellücke hin vermuten.

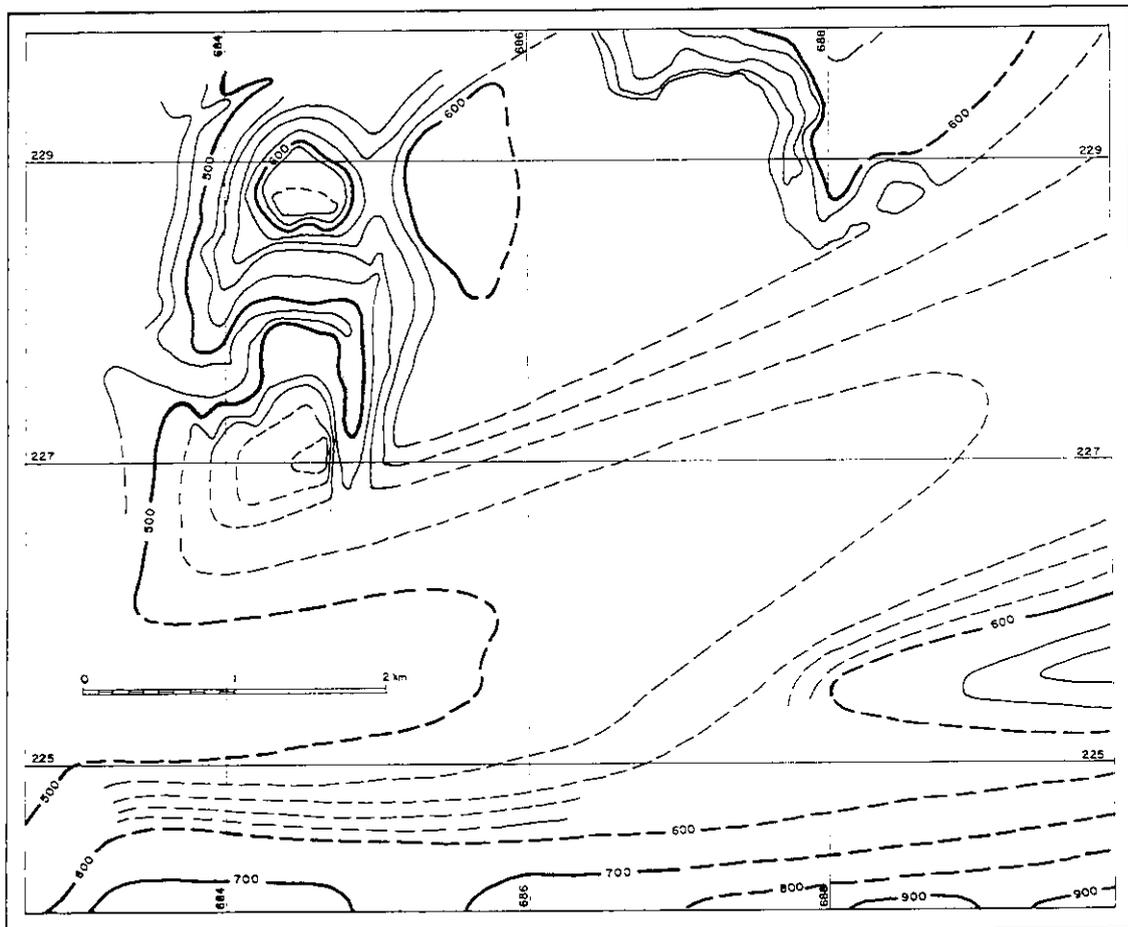


Fig. 12. Isohypsenkarte der Molasseoberfläche im nordöstlichen Teil des Kantons Zug.
Kurven ausgezogen: Molasse anstehend; Kurven gestrichelt: Molasseoberfläche unter Quartärbedeckung vermutet

b) Die negative Anomalie im nordöstlichen Teil des Kantons Zug

Die Anomalie liegt am SE-Rand des untersuchten Gebietes. Die durch die bisherigen gravimetrischen Messungen belegte negative Störung bildet ohne Zweifel nur einen Teil einer weit ausgedehnten Anomalie, die, wie die Messungen auf dem Zimmerberg andeuten, von WSW nach ENE streicht.

Wie ist diese Anomalie zu deuten? Es zeigt sich bei eingehender Betrachtung, daß z. B. im Gebiet Menzingen-Lorzentobel ein unverkennbarer Zusammenhang zwischen Topographie und Schwereanomalie vorhanden ist. Höher gelegene Gebiete zeigen generell größere Werte negativer Anomalie, tiefer gelegene Stationen kleinere negative Werte. Die Ursache für die negative Anomalie ist somit nicht in sehr großer Tiefe zu vermuten. Die tiefsten gemessenen Werte mit $-4,0$ bis $-4,3$ mgl liegen bei Menzingen (Stationen Nr. 342, 340, 344, 345 und 338). Nördlich einer Linie Baarburg-Sihlbrugg-Dorf-Ober-Ort verschwinden die negativen Anomalien.

Die Erkenntnis, daß ein gewisser Zusammenhang zwischen Topographie und Bouguerscher Schwereanomalie besteht, führte uns zur Überzeugung, daß die negativen Anomalien durch die quartären Ablagerungen bedingt seien und daß möglicherweise eine direkte Beziehung zwischen Schwereanomalie und Quartärmächtigkeit bestehe.

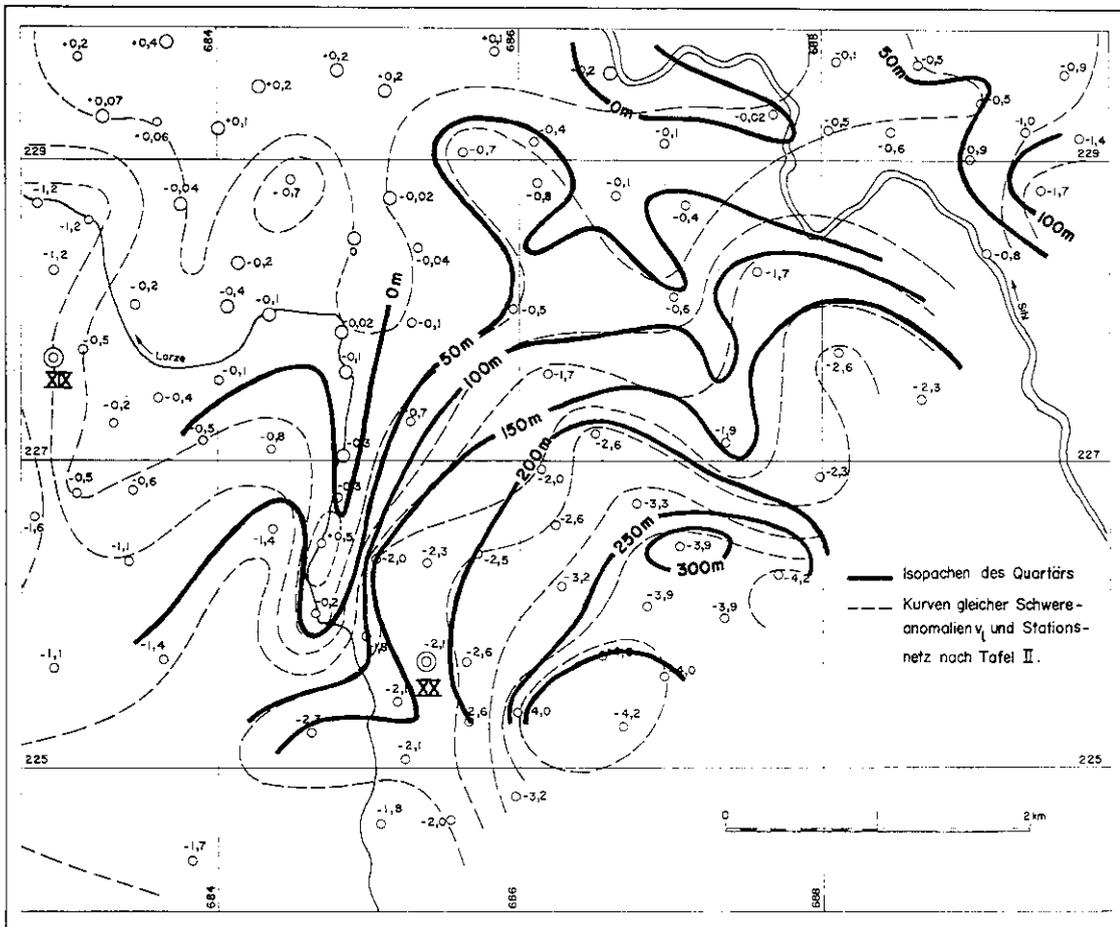


Fig. 13. Isopachenkarte des Quartärs im nordöstlichen Teil des Kantons Zug

So wurde zunächst für das in Betracht stehende Gebiet ausschließlich auf Grund geologischer Untersuchungen und Überlegungen, gänzlich unabhängig von den Schweremessungen, eine Isohypsenkarte der Molasseoberfläche gezeichnet (Fig. 12). Wir konnten uns dabei auf die Aufnahmen von AUG. AEPPLI (1894), ferner auf die sehr detaillierte sorgfältige Arbeit von R. FREI (1912) sowie auf eigene Untersuchungen stützen. Zudem wurde von der zunächst hypothetischen, persönlichen Auffassung ausgegangen, daß, dokumentiert durch die tiefen Aufschlüsse im Sihltal und im Lorzetobel, zwischen Richterswil/Wädenswil und Zug eine alte, quartärerfüllte Talung bestehe.

Unter Zugrundelegung dieser Karte der Molasseoberfläche wurde für 31 Meßstationen im betreffenden Gebiet die Quartärmächtigkeit bestimmt (Tabelle V) und eine Isopachenkarte des Quartärs gezeichnet (Fig. 13).

Die Übereinstimmung der Isopachen des Quartärs mit dem Bild der Schwereanomalie ist ganz erstaunlich. Sie erlaubt in verschiedener Hinsicht wertvolle Aussagen:

1. Mit Hilfe der Geologie konnten die Quartärablagerungen als Hauptursache für die negative Anomalie eindeutig bestimmt werden.
2. Die Dichte des Quartärmaterials im betreffenden Gebiet konnte mit guter Sicherheit berechnet werden (siehe Tabelle V).
3. Die Schweremessungen liefern den Beweis für die Existenz einer WSW-ENE verlaufenden Talung unter dem Moränenplateau zwischen Zugersee und Zürichsee. Diese Talung ist heute über 300 m mächtig mit Quartärmaterial erfüllt. Der Talboden war 1,5-2 km breit und besaß ein Gefälle von $5-10\text{‰}$ gegen WSW. Weitere Schweremessungen werden erlauben, die Talung gegen E zu verfolgen, da, wie die Messungen an den 31 Stationen zeigen, die Quartärdichte ziemlich konstante Werte aufweist.
4. Die Lorzentobelschotter, die Sihlsprungschotter wie auch die Schotter beim Waisenhaus und Alt-Schloß ob Wädenswil nehmen in dieser Talung eine ganz ähnliche Position ein und entsprechen einander.

Tabelle V

Quartärmächtigkeit, Quartärmaterial und lokale Bouguersche Schwereanomalien im nordöstlichen Teil des Kantons Zug

<i>Untergrund: Vorwiegend Moränenmaterial</i>						
X	Y	h_Q (m)	v_l (mg/l)	$\Delta\varphi$ (g/cm ³)	φ (g/cm ³)	Stations-Nr.
227602	686198	130	1,7	0,31	2,29	408
227130	687358	ca. 145	1,9	0,31	2,29	410
226731	686768	260	3,3	0,30	2,30	340
226455	687063	ca. 320	3,9	0,285	2,315	339
226362	685054	170	2,0	0,285	2,315	349
227185	686495	220	2,6	0,285	2,315	347
226578	686237	ca. 220	2,6	0,285	2,315	348
228079	687013	55	0,6	0,26	2,34	409
228001	685962	50	0,5	0,24	2,36	403
226951	686142	210	2,0	0,225	2,375	346
					23,215	
10 Stationen: Mittlere Dichte 2,321 = 0,009						

<i>Untergrund: Moränen und Schotter, naß, teilweise verkittet</i>						
X	Y	h _Q (m)	v ₁ (mgl)	Δρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	Stations-Nr.
225418	685207	ca. 130	2,1	0,38	2,22	351
226280	687710	ca. 280	4,2	0,355	2,245	338
225734	686552	ca. 290	4,3	0,355	2,245	343
229005	688961	60	0,9	0,355	2,245	170
226052	686842	ca. 260	3,9	0,355	2,245	336
227417	688643	ca. 160	2,3	0,345	2,255	407
225229	684642	160	2,3	0,345	2,255	386
228257	687558	120	1,7	0,335	2,265	405
228800	689414	ca. 120	1,7	0,335	2,265	174
226185	686286	ca. 230	3,2	0,335	2,265	335
225978	687359	ca. 280	3,9	0,335	2,265	337
225273	686687	ca. 290	4,0	0,335	2,265	344
225355	686004	ca. 300	4,0	0,32	2,28	342
225683	685660	210	2,6	0,30	2,30	332
225672	685386	ca. 170	2,1	0,30	2,30	XX
226325	685391	ca. 190	2,3	0,30	2,30	350
					36,215	
16 Stationen: Mittlere Dichte 2,263 ± 0,006						

<i>Untergrund: Schotter, trocken, teilweise verkittet, mit wenig Moränenüberlagerung</i>						
X	Y	h _Q (m)	v ₁ (mgl)	Δρ (g/cm ³)	ρ (g/cm ³)	Stations-Nr.
225693	683658	60	1,4	0,55	2,05	385
226547	684376	ca. 60	1,4	0,55	2,05	387
227127	683912	ca. 25	0,5	0,48	2,12	221
227069	684362	40	0,8	0,48	2,12	222
228845	684477	40	0,7	0,44	2,16	324
					10,50	
5 Stationen: Mittlere Dichte 2,10 ± 0,02						

Gerechnet wurde mit der Formel für die Anziehung einer Platte.

$$v_1 = 0,042 \cdot h_Q \cdot \Delta\rho$$

v₁ = lokale Bouguersche Schwereanomalie in mgl

h_Q = Mächtigkeit des Quartärs in Meter

Δρ = Dichtedifferenz (2,6 — ρ) in g/cm³

ρ = Dichte des Quartärmaterials

c) Die negative Anomalie der Baarburg

Sie ist bedingt durch den bis 40 m mächtigen, teilweise verkitteten, trockenen Schotter der Baarburg. Die Dichte des Schotters berechnet sich zu 2,16 g/cm³.

d) Die negative Anomalie der Halbinsel Au

Sie ist bedingt durch den Au-Schotter. Unter Annahme einer Dichte von $2,25 \text{ g/cm}^3$ dürfte die Mächtigkeit dieses Schotters 100 m erreichen. Im Dorfkern von Horgen finden sich mächtige Sand- und Schottervorkommen, die wohl die Fortsetzung des Au-Schotters bilden.

e) Die übrigen negativen Anomalien am Zürichsee

Sie sind bedingt durch die jungen lakustrischen und künstlichen Aufschüttungen, insbesondere durch die Deltaablagerungen der größeren Tobelbäche, die z. B. im Falle des Deltas des Meilener Dorfbaches ebenfalls gegen 100 m Mächtigkeit erreichen dürften.

f) Die negative Anomalie am Albishorn

Sie ist nur zum Teil durch quartäre Ablagerungen bedingt. Vermutlich weist auch die Molasse in diesem Gebiet eine geringere Dichte als $2,6 \text{ g/cm}^3$ auf. Die geringere Molassedichte könnte darauf zurückzuführen sein, daß hier die stratigraphisch höchsten Molasseschichten anstehen. Zudem bildet hier die Molasse die Unterlage einer alten Oberfläche und ist aus diesem Grunde möglicherweise tiefgründig verwittert.

§ 5 Gravimetrische Gesteinsdichtebestimmungen

A. Die Schweremessungen längs der Tunnels

Zum Zwecke der gravimetrischen Bestimmung der Gesteinsdichte wurden längs der Bahnlinie durch den Zimmerberg- und den Albistunnel Schweremessungen ausgeführt. Beim Zimmerbergtunnel ist die Station Z_1 unmittelbar außerhalb des Tunnelportals bei Horgen, bei Bahnkilometer 17,160, die Stationen Z'_2 bis Z'_{10} im Zimmerbergtunnel bei Kilometer 17,400 bis Kilometer 19,000 in Abständen von je 200 m, die Station Z_{11} außerhalb des Portals bei Sihlbrugg bei Kilometer 19,200. Entsprechend liegen beim Albistunnel die Stationen A_1 und A_{18} außerhalb der Portale bei Sihlbrugg, bzw. bei Deinikon (Baar), A_1 bei Kilometer 20,300, A_{18} bei Kilometer 23,700, die Stationen A'_2 bis A'_{17} im Tunnel bei Kilometer 20,500 bis Kilometer 23,500 in Abständen von je 200 m. Das Gravimeter wurde jeweils 30 cm südöstlich neben dem südöstlichen Gleis auf den Schwellen aufgestellt. Die Schweredifferenzen wurden nach dem in § 4C beschriebenen Verfahren bestimmt. Auf der Geländeoberfläche wurde genau vertikal über den Tunnelstationen die Schwere ebenfalls gemessen, d. h. in Stationen Z_2 bis Z_{10} vertikal über den Stationen des Zimmerbergtunnels und in Stationen A_2 bis A_{17} vertikal über den Stationen des Albistunnels. Die Oberflächenstationen Z_1 bis Z_{11} und A_1 bis A_{18} sind in den Tafeln I und II eingezeichnet und in Tabelle IV enthalten und die zugehörigen Schwerewerte zur Herstellung der Tafeln I und II mitverwendet.

In Tabelle VI sind die gemessenen Schwerewerte sowie die topographischen Korrekturen zusammengestellt. Die in § 4 eingeführten Buchstabensymbole werden auch hier verwendet, und zwar für die Oberflächenstationen. Für die Tunnelstationen sind die entsprechenden Symbole mit Strichindex versehen. Z. B. ist der gemessene Schwerewert für eine Oberflächenstation mit u , für eine Tunnelstation mit u' bezeichnet. Für die Oberflächenstationen ist $\Theta = T/2,6 = \Theta_f - T_w/2,6$, für die Tunnelstationen $\Theta' = \Theta'_f - T'_w/2,6$. Θ'_f ist die topographische Korrektur der festen Erdoberfläche für die Dichte 1.

In dieser Größe ist der Einfluß des Tunnelhohlraumes durch Subtraktion von $0,091 \text{ mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ bereits berücksichtigt. H' ist die Schwellenhöhe der Tunnelstationen.

Tabelle VI

Meßwerte für die Tunnelprofile

Koordinaten		Oberflächenstation			Tunnelstation						
X	Y	H	u	Θ	H'	u'	Θ'_f	T'_w	Θ'		
m	m	m	mgl	$\text{mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	m	m	$\text{mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	mgl	$\text{mgl}/\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$		
<i>Zimmerbergtunnel</i>											
234578	687360	Z ₁	485.60	-32.64	0.765						
234345	687399	Z ₂	520.54	-39.88	0.653	Z' ₂	488.18	-36.72	2.106	0.090	2.071
234174	687291	Z ₃	565.10	-49.30	0.783	Z' ₃	490.48	-41.50	3.571	0.069	3.544
234075	687121	Z ₄	633.80	-63.49	0.913	Z' ₄	492.70	-45.81	4.999	0.051	4.979
233980	686947	Z ₅	635.19	-62.72	0.534	Z' ₅	494.90	-47.58	5.565	0.044	5.548
233885	686773	Z ₆	640.14	-63.59	0.466	Z' ₆	497.15	-48.75	5.776	0.037	5.762
233790	686600	Z ₇	666.42	-69.32	0.578	Z' ₇	499.36	-49.74	5.976	0.035	5.963
233695	686425	Z ₈	655.36	-67.34	0.603	Z' ₈	501.57	-49.42	5.643	0.032	5.631
233592	686252	Z ₉	613.06	-59.30	0.693	Z' ₉	503.78	-47.27	4.675	0.023	4.666
233425	686142	Z ₁₀	550.84	-47.36	0.708	Z' ₁₀	505.99	-42.88	2.825	0.023	2.816
233225	686141	Z ₁₁	508.20	-39.71	1.081						
<i>Albistunnel</i>											
232212	686017	A ₁	513.55	-43.36	1.421						
232063	685886	A ₂	553.09	-50.61	0.927	A' ₂	511.44	-46.57	2.862	0.010	2.858
231919	685747	A ₃	601.86	-60.37	0.901	A' ₃	509.23	-50.94	4.632	0.009	4.628
231774	685609	A ₄	686.80	-78.01	1.210	A' ₄	507.02	-55.59	6.470	0.008	6.467
231629	685471	A ₅	724.30	-84.92	0.967	A' ₅	504.81	-57.76	7.369	0.006	7.367
231485	685332	A ₆	699.63	-78.91	0.573	A' ₆	502.60	-57.46	7.374	0.006	7.372
231340	685194	A ₇	669.16	-72.84	0.414	A' ₇	500.39	-55.77	6.913	0.003	6.912
231195	685056	A ₈	648.89	-68.56	0.300	A' ₈	498.18	-54.39	6.468	0.002	6.467
231050	684918	A ₉	655.53	-69.87	0.308	A' ₉	495.97	-53.69	6.280	0.002	6.279
230906	684779	A ₁₀	646.57	-68.37	0.336	A' ₁₀	493.76	-52.37	5.904	0.001	5.904
230761	684641	A ₁₁	621.09	-63.40	0.324	A' ₁₁	491.55	-50.42	5.323	0.000	5.323
230616	684503	A ₁₂	594.70	-58.17	0.322	A' ₁₂	489.34	-48.12	4.555	0.000	4.555
230472	684364	A ₁₃	568.36	-53.13	0.304	A' ₁₃	487.13	-45.79	3.778	0.000	3.778
230327	684226	A ₁₄	548.16	-49.34	0.306	A' ₁₄	484.91	-43.75	3.143	0.000	3.143
230182	684088	A ₁₅	542.64	-48.36	0.294	A' ₁₅	482.70	-42.63	2.737	0.000	2.737
230037	683950	A ₁₆	530.48	-46.19	0.299	A' ₁₆	480.49	-41.16	2.299	0.000	2.299
229893	683811	A ₁₇	514.39	-43.28	0.323	A' ₁₇	478.28	-39.35	1.627	0.000	1.627
229748	683673	A ₁₈	476.04	-36.28	0.613						

B. Gesteinsdichte aus Schweremessungen an vertikalen Stationspaaren

Eine Station S an der Erdoberfläche (über dem Zimmerbergtunnel mit Z_i , über dem Albistunnel mit A_i bezeichnet, $i = 2, 3, \dots$) und die vertikal darunter liegende Tunnelstation S' (im Zimmerbergtunnel mit Z'_i , im Albistunnel mit A'_i bezeichnet) bilden zusammen ein «vertikales Stationspaar». Für die sichtbaren Gesteinsmassen in einem gewissen Umkreis um S wurde in § 4D eine einheitliche Dichte $\rho_0 = 2,60 \text{ g/cm}^3$ angenommen.

An der Voraussetzung, daß diese Gesteinsmassen homogen seien, soll festgehalten und ihre wahre Dichte mit ρ_w bezeichnet werden. ρ_0 ist ein erster Näherungswert für diese Dichte. Weitere Näherungswerte ρ' , ρ'' , ... kann man aus Schweremessungen an vertikalen Stationspaaren gewinnen, mit den Bezeichnungen von § 4D und § 5A ist

$$a) w(S) = u(S) + g_0 - \gamma(S) - 2\pi k_0 \rho_w H + \rho_w \Theta$$

die Vertikalkomponente der Anziehung der unsichtbaren Störungsmassen in S (wobei im Nenner von $\Theta = \Theta_f - T_w/2,6$ der Einfachheit halber 2,6 an Stelle von ρ_w gesetzt wurde. Wegen der Kleinheit von T_w ist der dadurch begangene Fehler zu vernachlässigen). Für die zugehörige Tunnelstation S' ist

$$b) w(S') = w' = u' + g_0 - \gamma' - 2\pi k_0 \rho_w H' + \rho_w \Theta'$$

Bildet man $w' - w$ und löst nach ρ_w auf, so erhält man mit $h = \overline{S'S} = H - H'$ und $\gamma' - \gamma = Q_f h$:

$$c) \rho_w = \{Q_f h - (u' - u) - w' + w\} / (2\pi k_0 h + \Theta' - \Theta).$$

Man erhält Näherungswerte für ρ_w , indem man die zunächst nicht genau bekannte Ortsfunktion $w(S)$ durch einfache Näherungsfunktionen ersetzt. Am einfachsten ist es, w auf der Strecke $\overline{SS'}$ konstant anzunehmen. Dann ist $w' - w = 0$ und man erhält aus c) den Näherungswert

$$d) \rho' = \{Q_f h - (u' - u)\} / (2\pi k_0 h + \Theta' - \Theta).$$

Ein besserer Näherungswert ρ'' ergibt sich, wenn w auf der Strecke $\overline{SS'}$ als lineare Funktion der Höhe angenommen wird. Es ist dann $w' - w = Q h$ und

$$e) \rho'' = \{Q_f + Q) h - (u' - u)\} / (2\pi k_0 h + \Theta' - \Theta).$$

Es wird also in diesem Falle der normale Freiluftgradient Q_f um den Gradienten $Q = Q(S)$ der Funktion w verbessert. Einen plausiblen Wert für Q gewinnt man auf folgendem Wege: Ersetzt man in a) die Größe ρ_w durch ρ_0 , so erhält man gemäß § 4D den Wert $v(S) - C_1$ an Stelle von $w(S)$. Die in der Karte Tafel I dargestellten Bouguer-Werte $v(S)$ können daher als Näherungswerte für $w(S) - C_1$ gelten und als Grundlage für eine angenäherte Bestimmung von $Q(S)$ benützt werden, wobei die Konstante C_1 als bedeutungslos herausfällt. Um für eine bestimmte Station S_0 den Gradienten $Q(S_0)$ zu ermitteln, denkt man sich die kartierten Bouguer-Werte $v(S)$ für das Niveau von S_0 geltend, d. h. es werden die Höhendifferenzen zwischen den Punkten S des Geländes und der

Station S_0 vernachlässigt. Die Ortsfunktion $w(S)$ ist dann in der durch S_0 gehenden horizontalen Ebene gegeben und als Vertikalkomponente der Anziehung von Massen, die unterhalb dieser Ebene liegen, über der Ebene harmonisch. Man kann somit $Q(S_0)$ nach EVJEN (1936) aus den gegebenen Randwerten $w(S)$ bestimmen. Es ist nämlich

$$f) Q(S_0) = v(S_0)/q_0 - \int_{q_0}^{\infty} \{\tilde{v}(q) dq/q^3\}.$$

Darin ist $q = \overline{S_0 S}$, q_0 ein fest gewählter Radius, $\tilde{v}(q)$ der Mittelwert von $v(S)$ auf dem Kreis mit dem Mittelpunkt S_0 und dem Radius q . Die angenäherte Auswertung des Integrals auf Grund der Bouguer-Karte wurde von P. Müller wie folgt durchgeführt. Es genügte, die Auswertung auf einen Kreis um S_0 mit 6 km Radius zu beschränken. Der Kreis wurde durch konzentrische Kreise und durch von S_0 ausgehende Strahlen in Kreisringsektoren eingeteilt. Für die Einteilung wurden folgende Radien gewählt:

q_0	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8	
0,1	0,2	0,5	0,9	1,5	2,25	3	4	6	km

Der i -Kreisring zwischen den Radien q_{i-1} und q_i wurde in k_i gleiche Sektoren eingeteilt, so daß also der Zentriwinkel jedes Sektors $2\pi/k_i$ betrug. Für $i = 1, 2$ und 3 war $k_i = 8$, für die übrigen Ringe = 16. In jedem Kreisringsektor wurde an Hand der Bouguer-Karte ein mittlerer Wert von $v(S)$ festgestellt und von den mittleren Werten für alle Sektoren des i -Ringes das arithmetische Mittel \tilde{v}_i gebildet. Ersetzt man im Integral von f) die Funktion $\tilde{v}(q)$ innerhalb jedes Ringes durch den konstanten Wert \tilde{v}_i , so kann man ringweise integrieren und erhält angenähert

$$g) Q(S_0) \cong - \sum_{i=1}^8 \{\tilde{v}_i - v(S_0)\} (1/q_{i-1} - 1/q_i).$$

(Die numerischen Werte von Q sind in Tabelle VII aufgeführt.) Bestimmt man nach d) oder e) eine Gesteinsdichte, so ist ein Fehler im Resultat zu erwarten, der vor allem von den Fehlern bei den Schweremessungen und bei der Bestimmung der topographischen Korrekturen herrührt. Der mittlere Fehler in der Bestimmung einer Schweredifferenz u ist bei den Schweremessungen längs der Tunnels zu $m_u = 0,02$ mg/l bestimmt worden. Der mittlere Fehler von $u' - u$ beträgt demnach

$\sqrt{2} m_u$. Der mittlere Fehler in Θ ist von P. Müller zu $m_{\Theta} = 0,06$ mg/l / $\frac{g}{cm^3}$ geschätzt worden. Der

mittlere Fehler von $\Theta' - \Theta$ ist $\sqrt{2} m_{\Theta}$. Der nach d) zu erwartende mittlere Fehler von ρ' ist daher

$$h) m_{\rho'} = \sqrt{2(m_u^2 - \rho_0^2 m_{\Theta}^2)} / (2\pi k_0 h + \Theta' - \Theta).$$

(Im Zähler wurde an Stelle von ρ' der Näherungswert $\rho_0 = 2,60$ gesetzt.)

Man entnimmt daraus, daß $m_{\rho'}$ in erster Linie von den Fehlern in den topographischen Korrekturen herrührt und der Einfluß des Meßfehlers m_u daneben vernachlässigt werden kann. Im Nenner von $m_{\rho'}$ überwiegt der erste Summand, so daß $m_{\rho'}$ ungefähr umgekehrt proportional zur Höhendifferenz h der Stationen S und S' ist.

Tabelle VII

Resultate der Dichtebestimmungen an vertikalen Stationspaaren

	Q	ρ'	ρ''	m_ρ
Z ₂ Z' ₂	-0.00048	2.459	2.453	± 0.081
Z ₃ Z' ₃	-0.00027	2.585	2.582	0.038
Z ₄ Z' ₄	-0.00068	2.589	2.579	0.023
Z ₅ Z' ₅	-0.00003	2.582	2.582	0.021
Z ₆ Z' ₆	-0.00010	2.593	2.592	0.020
Z ₇ Z' ₇	-0.00089	2.580	2.568	0.018
Z ₈ Z' ₈	-0.00073	2.573	2.563	0.020
Z ₉ Z' ₉	-0.00087	2.535	2.524	0.026
Z ₁₀ Z' ₁₀	-0.00299	2.345	2.311	0.056
A ₂ A' ₂	-0.00238	2.396	2.369	± 0.061
A ₃ A' ₃	-0.00184	2.515	2.493	0.029
A ₄ A' ₄	-0.00001	2.582	2.582	0.017
A ₅ A' ₅	-0.00060	2.599	2.591	0.014
A ₆ A' ₆	-0.00095	2.611	2.623	0.015
A ₇ A' ₇	-0.00133	2.578	2.563	0.016
A ₈ A' ₈	-0.00008	2.589	2.588	0.018
A ₉ A' ₉	-0.00088	2.610	2.621	0.018
A ₁₀ A' ₁₀	-0.00078	2.600	2.610	0.019
A ₁₁ A' ₁₁	-0.00070	2.587	2.596	0.022
A ₁₂ A' ₁₂	-0.00154	2.596	2.615	0.026
A ₁₃ A' ₁₃	-0.00073	2.576	2.585	0.032
A ₁₄ A' ₁₄	-0.00050	2.536	2.542	0.041
A ₁₅ A' ₁₅	-0.00058	2.575	2.582	0.045
A ₁₆ A' ₁₆	-0.00036	2.537	2.541	0.055
A ₁₇ A' ₁₇	-0.00020	2.559	2.562	0.080

In den Figuren 14 und 15 sind die Resultate der Bestimmungen von ρ' nach d) graphisch dargestellt und darin die zugehörigen mittleren Fehler als vertikale Strecken von der Länge $2 m_\rho$ eingetragen. Setzt man voraus, daß die Gesteinsmassen über den Tunnels homogen seien, so kann man die aus den einzelnen Stationspaaren gewonnenen Werte von ρ' für jeden der beiden Tunnels zu einem Mittelwert vereinigen.

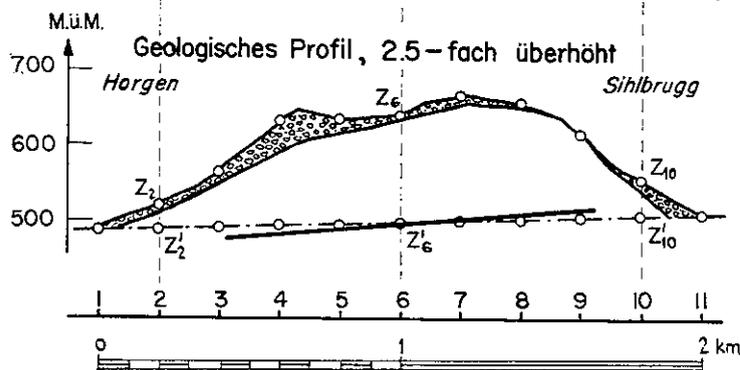
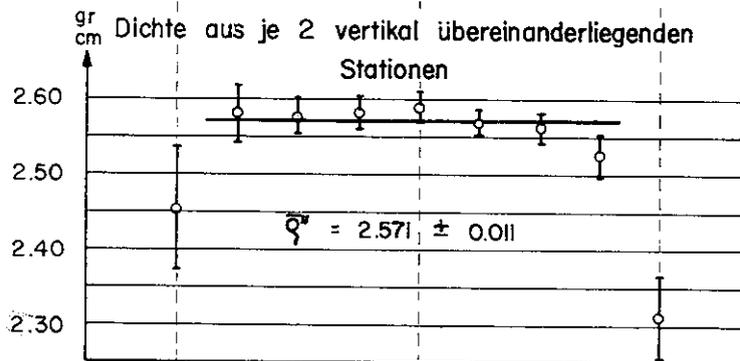
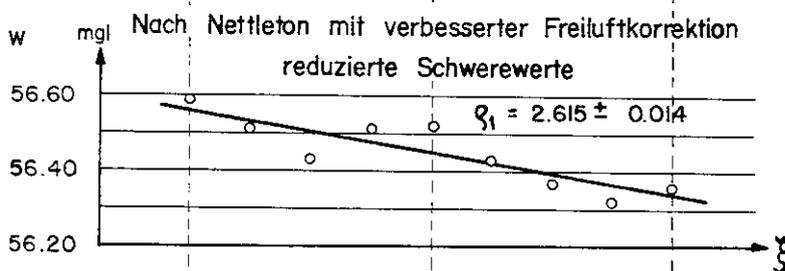
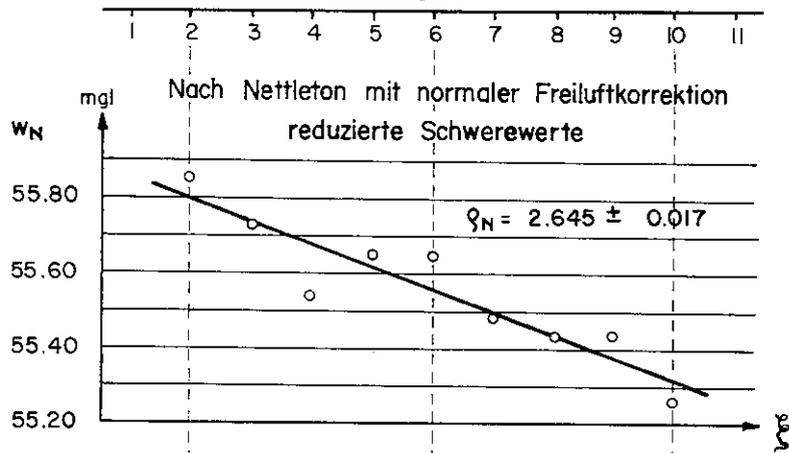
Wie Tabelle VII und die Figuren 14 und 15 zeigen, weichen die Resultate der am Rande gelegenen Stationspaare Nr. 2 und 10 beim Zimmerbergtunnel und Nr. 2 und 3 beim Albistunnel stark von den übrigen ab. Offenbar ist dies auf lokale Gesteinsinhomogenitäten zurückzuführen, die sich hier infolge der kleinen Höhendifferenzen zwischen Tunnelstation und Oberflächenstation besonders stark auswirken. Die Resultate der genannten Stationspaare wurden daher ausgeschlossen, so daß sich bei der Mittelwertbildung die Summation, die, wie in der Ausgleichsrechnung, durch das Symbol $\bar{\rho}$ bezeichnet werde, beim Zimmerbergtunnel auf die Stationspaare Nr. 3 bis 9 und beim Albistunnel auf die Paare Nr. 4 bis 17 erstreckt.

Da die mittleren Fehler m_ρ zum voraus bekannt sind, ist es gegeben, bei der Mittelwertbildung den einzelnen Summanden Gewichte $p = 1/m_\rho^2$ beizulegen. Diese Gewichte wurden auch zur Berechnung der Mittelwerte von ρ'' benützt. Die Mittelwerte sind

$$i) \bar{\rho}' = [p \rho'] : [p] \text{ und } \bar{\rho}'' = [p \rho''] : [p].$$

Gravimetrische Gesteinsdichtebestimmungen am Zimmerbergtunnel

Fig. 14.

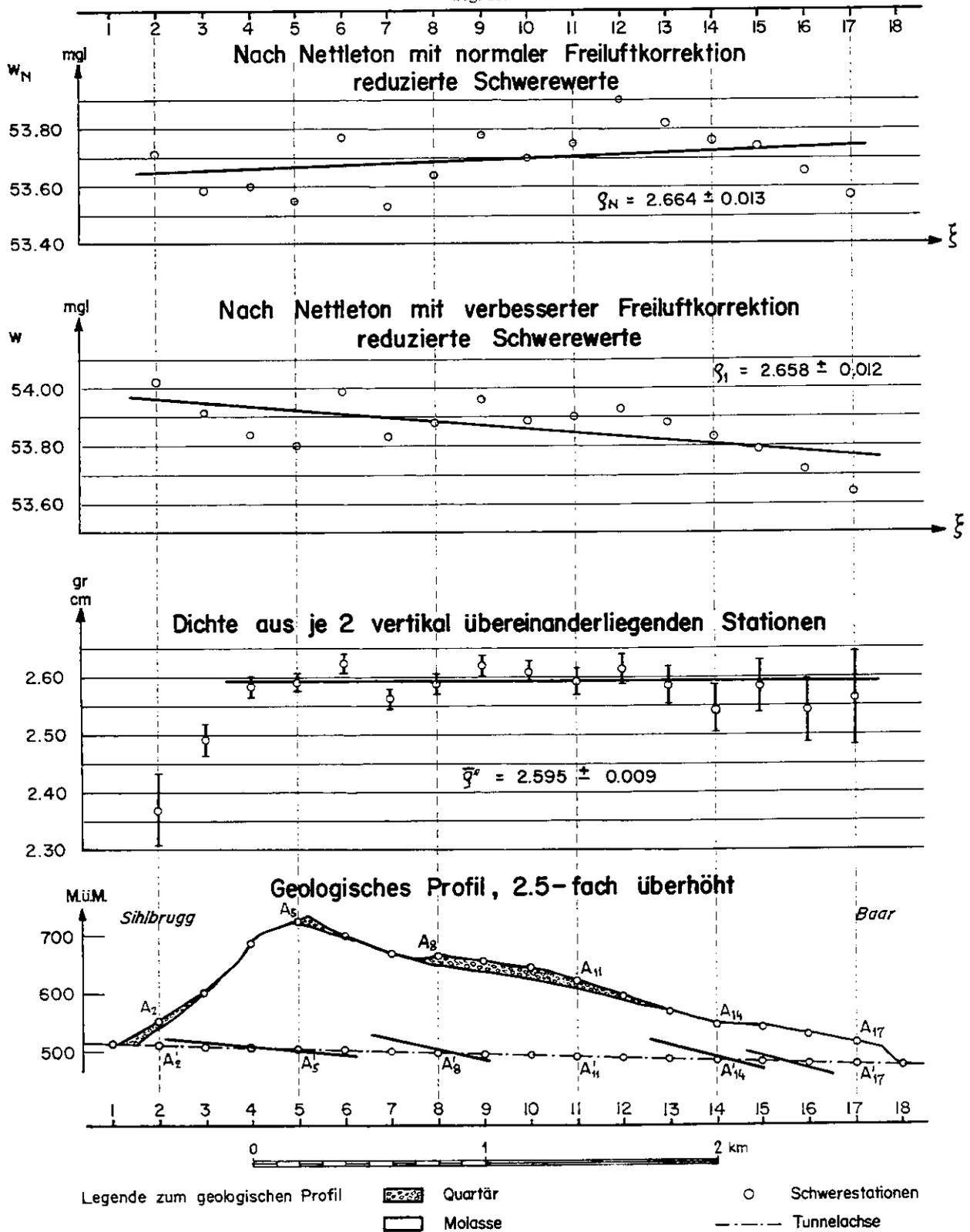


Legende zum geologischen Profil

Quartär	Schwerestationen
Molasse	Tunnelachse

Gravimetrische Gesteinsdichtebestimmungen am Albistunnel

Fig. 15.



Auf Grund der mittleren Fehler m_ρ der Einzelwerte von ρ' bzw. ρ'' erhält man für die zu erwartenden mittleren Fehler $m(\bar{\rho}')$ und $m(\bar{\rho}'')$ der Mittelwerte i):

$$k) m(\bar{\rho}') = m(\bar{\rho}'') = 1/\sqrt{[p]}.$$

Die mittleren Fehler $M(\bar{\rho}')$ und $M(\bar{\rho}'')$, berechnet aus den in der Tabelle VII zusammengestellten Werten für ρ' und ρ'' , sind

$$l) M(\bar{\rho}') = \sqrt{[p\lambda'\lambda']/[p](n-1)}, M(\bar{\rho}'') = \sqrt{[p\lambda''\lambda'']/[p](n-1)}.$$

n ist die Anzahl der Stationspaare, $\lambda' = \rho' - \bar{\rho}'$ und $\lambda'' = \rho'' - \bar{\rho}''$.

Es ist Übereinstimmung in der Größenordnung der aus den Messungen bestimmten mittleren Fehler M nach l) mit den zum voraus berechneten m nach k) festzustellen (siehe Tabelle VIII).

Tabelle VIII

Mittelwerte und mittlere Fehler der Dichten aus vertikalen Stationspaaren

	Zimmerbergtunnel	Albistunnel
Anzahl n der Stationspaare	7	14
$\bar{\rho}'$	2,578 g/cm ³	2,592 g/cm ³
$\bar{\rho}''$	2,571 g/cm ³	2,595 g/cm ³
$m(\bar{\rho}') = m(\bar{\rho}'')$	0,0083 g/cm ³	0,0056 g/cm ³
$M(\bar{\rho}')$	0,007 g/cm ³	0,004 g/cm ³
$M(\bar{\rho}'')$	0,011 g/cm ³	0,009 g/cm ³

C. Dichtebestimmung nach L. L. Nettleton

Aus den Schweremessungen an den Stationen $Z_2, Z_3 \dots Z_{10}$ und $A_2, A_3 \dots A_{17}$ über den Tunnels kann man ohne Beziehung der Messungen in den Tunnels nach NETTLETON (1939) die Gesteinsdichte bestimmen. Wie in § 4D muß man die gemessenen Schweredifferenzen u nach Bouguer reduzieren, nur mit dem Unterschied, daß die Reduktion nicht mit der angenommenen Gesteinsdichte $\rho_0 = 2,6$, sondern mit der zu bestimmenden Gesteinsdichte

$$\rho_N = \rho_0 - \sigma_N$$

ausgeführt zu denken ist.

An Stelle der Bouguerschen Anomalie $v(S)$ erhält man so

$$w_N(S) = v(S) - \sigma_N \cdot \Phi(S),$$

worin zur Abkürzung

$$\Phi(S) = 2\pi k_0 H - \Theta(S)$$

gesetzt wurde.

Bekanntlich wird nun der Wert von ρ_N so bestimmt, daß die reduzierte Schwere w_N möglichst wenig von einer linearen Funktion $\gamma_i = \alpha \xi + \gamma_0$ der Profilszisse ξ abweicht. Beim Zimmerbergtunnel ist $\xi = 0$ für Z_2 , $\xi = 200$ m für Z_3 usw. und beim Albistunnel $\xi = 0$ für A_2 , $\xi = 200$ m für A_3 usw. Die unbekanntenen Konstanten α und γ_0 und die Dichte ρ_N werden also im Sinne der Methode der kleinsten Quadrate so bestimmt, daß die Summe $m_w^2 = [(w_N - \gamma_i)^2]$, die eine Funktion von α , γ_0 und ρ_N ist, zu einem Minimum wird. Die eckige Klammer hier, wie im folgenden Abschnitt, bedeutet Summation über die Stationen Z_2 bis Z_{10} beim Zimmerbergtunnel, bzw. A_2 bis A_{17} beim Albistunnel.

Man erhält so

$$\rho_N = 2,645 \pm 0,017 \text{ g/cm}^3 \text{ für den Zimmerbergtunnel und}$$

$$\rho_N = 2,664 \pm 0,013 \text{ g/cm}^3 \text{ für den Albistunnel.}$$

Die zugehörigen linearen Funktionen $\gamma_i = \alpha \xi + \gamma_0$ sind in den Figuren 14 und 15 graphisch dargestellt, ebenso die Werte von w_N für die einzelnen Stationen. Die Streuung m_w dieser Werte um die Gerade ist $0,10 \text{ g/cm}^3$ beim Zimmerbergtunnel und $0,11 \text{ g/cm}^3$ beim Albistunnel.

D. Dichtebestimmungen mit Berücksichtigung des Einflusses der unsichtbaren Störungsmassen

In diesem Abschnitt sollen gravimetrische Dichtebestimmungen nach verbesserten Methoden besprochen werden. Die gesuchte, wiederum als konstant angenommene Gesteinsdichte sei mit ρ bezeichnet und es sei $\sigma = \rho - 2,6 = \rho - \rho_0$. Entsprechend der im vorangehenden Abschnitt C definierten Größe w_N sei

$$a) \quad w(S) = v(S) - \sigma \cdot \Phi(S).$$

Abgesehen von der Konstanten C_1 , die keinen Einfluß auf die Resultate der Dichtebestimmungen hat, besitzt $w(S)$ eine einfache physikalische Bedeutung. Nach § 4D ist nämlich

$$b) \quad w(S) + C_1 = g(S) - \gamma(S) - \rho \Phi(S).$$

Der Normalschwere $\gamma(S)$ liegt eine fiktive Erde mit idealisierter Massenverteilung zugrunde. Die totalen Störungsmassen seien die Massen, die man zur idealisierten Massenverteilung hinzufügen muß, um die wirkliche Massenverteilung, der die wirkliche Schwere $g(S)$ entspricht, zu erhalten. $g(S) - \gamma(S)$ ist daher die Vertikalkomponente der Anziehung der totalen Störungsmassen. Diese Störungsmassen denkt man sich in die «sichtbaren» und die «unsichtbaren» Störungsmassen zerlegt. $\rho \Phi(S)$ ist die Vertikalkomponente der Anziehung der sichtbaren Störungsmassen. Also ist $w(S) - C_1$ die Vertikalkomponente der Anziehung der unsichtbaren Störungsmassen.

Die im vorstehenden Abschnitt C beschriebene Dichtebestimmung hat einen Nachteil. Es wird nämlich angenommen, daß die Vertikalkomponente der Anziehung der unsichtbaren Störungsmassen $w_N + C_1$ unabhängig von der Topographie der Erdoberfläche, somit unabhängig von der Meereshöhe der Stationen sei. Befinden sich aber unsichtbare Störungsmassen unterhalb dieser Stationen, so kann sehr wohl eine Korrelation zwischen w_N , bzw. w , und der Meereshöhe der Stationen bestehen. Dieser Nachteil kann dadurch vermieden werden, daß man die Dichtebestimmung nicht direkt auf die Werte von w an der Erdoberfläche begründet, sondern auf Werte, die sich auf ein einheitliches Niveau in der Meereshöhe H'' , das Referenzniveau genannt sei, beziehen. Das Referenzniveau liegt in freier Luft über dem Gelände. Im vorliegenden Falle wurde $H'' = 730$ m gewählt. S sei ein Punkt auf der Erdoberfläche in der Meereshöhe H , S'' seine vertikale Projektion auf das Referenzniveau, $h'' = H'' - H$.

Es soll nun eine der Gleichung a) entsprechende Beziehung für das Referenzniveau aufgestellt werden. Für einen Punkt S'' in diesem Niveau ist $\Phi(S'') = 2\pi k_0 H'' - \Theta(S'')$, also direkt bestimmbar. Die Ortsfunktion $v(S)$ ist über der Erdoberfläche harmonisch. Man kann daher $v(S'')$ nach Evjen bestimmen, wenn man, wie in Abschnitt B, die Höhendifferenzen der Punkte in der Umgebung von S gegenüber S selbst vernachlässigt, also annimmt, die Bouguer-Werte v gälten für die Horizontalebene, in der S liegt. Unter dieser Annahme erhält man nach EVJEN (1936) angenähert

$$c) v(S'') \cong h'' \int_0^{\infty} \left\{ \tilde{v}(q) q dq / r^3 \right\} \quad r = \sqrt{q^2 + h''^2}$$

Wie in B kann man das Integral durch eine endliche Summe annähern:

$$d) v(S'') \cong v(S) + \sum_{i=1}^8 \left\{ \tilde{v}_i - v(S) \right\} (\cos \alpha_{i-1} - \cos \alpha_i)$$

$$\alpha_i = \arctan q_i / h'' \quad 0 < \alpha_i < 90^\circ$$

Nach Gleichung a) ist dann

$$e) w(S'') = v(S'') - \sigma \Phi(S'')$$

Analog zum Vorgehen in Abschnitt C kann man nun einen Wert $\sigma = \sigma_1$ suchen, für den $w(S'')$ möglichst wenig von einer linearen Funktion $r_i'' = \alpha'' \xi + r_0''$ der Profilszisse ξ abweicht. Die Unbekannten α'' , r_0'' und σ_1 werden nach der Methode der kleinsten Quadrate so bestimmt, daß die Summe $(m_w'')^2 = \sum [w(S'') - r_i'']^2$ ein Minimum wird. Man erhält so

$$f) \rho_1 = \rho_0 + \sigma_1 = \begin{cases} 2,615 \pm 0,014 \text{ g/cm}^3 & \text{für den Zimmerbergtunnel} \\ 2,658 \pm 0,013 \text{ g/cm}^3 & \text{für den Albistunnel} \end{cases}$$

Die zugehörigen linearen Funktionen $r_i'' = \alpha'' \xi + r_0''$ sind in den Figuren 14 und 15 graphisch dargestellt, ebenso die Werte von w für die einzelnen Stationen. Wie man sieht, ist die Streuung m_w'' kleiner als die Streuung m_w in § 5C. Sie beträgt für den Zimmerbergtunnel $0,05 \text{ g/cm}^3$, für den Albistunnel $0,08 \text{ g/cm}^3$. In Tabelle IX sind zu der vorstehend beschriebenen verbesserten Methode der Dichtebestimmung numerische Werte zusammengestellt.

Tabelle IX

Resultate der Dichtebestimmungen aus den Schwereprofilen über den Tunnels

Stat.	ξ	v (S)	v (S'')	Φ (S'')	w _N	w
Z 2	0.0	56.86	56.92	21.766	55.85	56.59
Z 3	0.2	56.82	56.85	22.997	55.73	56.51
Z 4	0.4	56.74	56.80	24.784	55.54	56.43
Z 5	0.6	56.89	56.89	25.550	55.65	56.51
Z 6	0.8	56.90	56.91	26.007	55.65	56.52
Z 7	1.0	56.78	56.83	26.665	55.49	56.43
Z 8	1.2	56.71	56.76	26.285	55.44	56.37
Z 9	1.4	56.62	56.70	25.136	55.44	56.32
Z 10	1.6	56.32	56.72	23.802	55.26	56.36
A 2	0.0	55.19	55.42	24.166	53.71	54.02
A 3	0.2	55.21	55.37	25.254	53.59	53.91
A 4	0.4	55.44	55.44	27.520	53.60	53.84
A 5	0.6	55.50	55.50	29.311	53.55	53.80
A 6	0.8	55.68	55.65	28.596	53.77	53.99
A 7	1.0	55.37	55.43	27.580	53.53	53.83
A 8	1.2	55.43	55.44	26.973	53.64	53.88
A 9	1.4	55.58	55.52	26.901	53.78	53.96
A 10	1.6	55.48	55.42	26.465	53.70	53.89
A 11	1.8	55.45	55.38	25.562	53.75	53.90
A 12	2.0	55.53	55.37	24.751	53.90	53.93
A 13	2.2	55.38	55.27	23.952	53.82	53.88
A 14	2.4	55.27	55.18	23.263	53.76	53.83
A 15	2.6	55.22	55.12	22.861	53.74	53.79
A 16	2.8	55.10	55.02	22.361	53.65	53.72
A 17	3.0	54.98	54.91	21.882	53.57	53.64

K. JUNG (1953) hat für die gravimetrische Gesteinsdichtebestimmung die Korrelation zwischen H und $w(S)$ benützt und den entsprechenden Korrelationskoeffizienten Null gesetzt. Um die Effekte der Topographie mit zu erfassen, soll hier die Korrelation zwischen Φ und w benützt werden, wobei gemäß den am Anfang dieses Abschnittes gemachten Bemerkungen nicht die Werte $\Phi(S)$ und $w(S)$ an der Erdoberfläche, sondern die Werte $\Phi(S'')$ und $w(S'')$ im Referenzniveau genommen werden. Setzt man den entsprechenden Korrelationskoeffizienten Null, so erhält man die Gleichung

$$g) [\Delta\Phi \cdot \Delta w] = 0$$

Die eckige Klammer bedeutet in diesem Abschnitt Summation über die Werte, die beim Zimmerberg-tunnel den Stationen $Z_2, Z_3 \dots Z_{10}$, beim Albistunnel den Stationen $A_2, A_3 \dots A_{17}$ entsprechen. Die Anzahl n der Stationen ist daher beim Zimmerberg-tunnel 9, beim Albistunnel 16. $\Phi = [\Phi(S'')]/n$ $\Delta\Phi = \Phi(S'') - \bar{\Phi}$.

Entsprechend ist Δw und weiter unten Δv definiert. Setzt man in g) für w , den Ausdruck e) ein und löst nach σ auf, so erhält man

$$h) \sigma = [\Delta \Phi \Delta v] / \Omega$$

worin $\Omega = [\Delta^2 \Phi]$ ist.

($\Delta^2 \Phi$ bedeutet hier wie im folgenden $(\Delta \Phi)^2$.)

Für die unbekannte Dichte $\rho = \rho_0 \div \sigma = \rho_K$ ergibt sich daraus

$$i) \rho_K = \begin{cases} 2,590 & \text{für den Zimmerbergtunnel,} \\ 2,676 & \text{für den Albistunnel.} \end{cases}$$

Es ist von Interesse, den mittleren Fehler m_σ der nach h) berechneten Verbesserung σ der Dichte zu betrachten. Es sei

$$k) m_\sigma^2 = \sum_{i=1}^5 m_i^2$$

gesetzt, m_1 ist der mittlere Fehler von σ , der von den Schweremessungen herrührt, m_2 von der Bestimmung der Meereshöhe H der Stationen S auf der Erdoberfläche, m_3 von den topographischen Korrekturen, m_4 von der analytischen Fortsetzung der Ortsfunktionen nach Evjen und m_5 von der Streuung des Korrelationskoeffizienten. Die nachstehenden Fehlerberechnungen und Abschätzungen wurden von P. Müller durchgeführt.

$$l) \Omega m_1^2 = m_a^2 \quad m_a = 0,02 \text{ mgl (siehe § 5 B).}$$

$$m) \Omega^2 m_2^2 = \left\{ (2\pi k_0)^2 \cdot [\Delta^2 v] + \Omega K_0 (K_0 - 4\pi k_0 \sigma) \right\} m^2_H.$$

$$K_0 = Q_f - 2\pi k_0 \rho_0 = 0,19958 \text{ mgl/m,}$$

$m_H = 0,1 \text{ m} =$ mittlerer Fehler in der Bestimmung von H .

$$n) \Omega^2 m_3^2 = \left\{ [\Delta^2 v] \div \Omega \rho_0 (\rho_0 + 2\sigma) \right\} m^2_\Theta.$$

$$m_\Theta = 0,06 \text{ mgl} / \frac{g}{\text{cm}^3} \quad (\text{siehe § 5 B}).$$

Die Werte von m_4 für die beiden Tunnels wurden auf Grund eines synthetischen Beispiels abgeschätzt.

Nach K. JUNG (1953) ist m_5 durch folgende Gleichung bestimmt:

$$o) (1 - m^2_K) \Omega^2 (\sigma^2 - m_\sigma^2) = [\Delta \Phi \Delta v]^2 - m^2_K \Omega [\Delta^2 v].$$

m_K ist der mittlere Fehler des Korrelationskoeffizienten. Er genügt der Gleichung

$$p) \Omega [(\Delta v - \sigma \Delta \Phi)^2] m^2_K = [\Delta^2 \Phi (\Delta v - \sigma \Delta \Phi)^2]$$

Tabelle X

Mittlere Fehler der Dichtebestimmungen nach der Korrelationsmethode

	Zimmerberg	Albis
Messung der Schweredifferenzen $m_1^2 =$	$0,188 \cdot 10^{-4}$	$0,052 \cdot 10^{-4}$
Meereshöhe $m_2^2 =$	$0,188 \cdot 10^{-4}$	$0,052 \cdot 10^{-4}$
Topographische Korrektur $m_3^2 =$	$11,38 \cdot 10^{-4}$	$3,34 \cdot 10^{-4}$
Analytische Fortsetzung $m_4^2 =$	$0,28 \cdot 10^{-4}$	$0,078 \cdot 10^{-4}$
Korrelationskoeffizient $m_5^2 =$	$7,90 \cdot 10^{-4}$	$1,49 \cdot 10^{-4}$
m_σ nach k)	$0,045 \text{ g/cm}^3$	$0,022 \text{ g/cm}^3$

E. Bemerkungen zu den Gesteinsdichtebestimmungen

In Tabelle XI sind die Resultate der Dichtebestimmungen an Molassegesteinen in der Umgebung des Zimmerberg- und Albistunnels zusammengestellt. Die Werte sind auf zwei Kommastellen abgerundet.

Tabelle XI

Zusammenstellung der Resultate der Dichtebestimmungen an Molassegesteinen

Methode	Gesteinsdichte in g/cm^3 :	
	Zimmerberg	Albis
Gesteinsproben, § 3 C	2,61	
Vertikale Stationspaare, Fg*) normal, § 5 B	2,58	2,59
Vertikale Stationspaare, Fg korrigiert, § 5 B	2,57	2,60
Nettleton, Fg normal, § 5 C	2,64	2,66
Nettleton, Fg korrigiert, § 5 D f)	2,62	2,66
Korrelation § 5 D i)	2,59	2,68

*) Fg = Freiluftgradient.

Die Dichtewerte beim Zimmerbergtunnel geben zu keinen besonderen Bemerkungen Anlaß. Der für die Herstellung der Bouguer-Karte gewählte Wert $\rho_0 = 2,6 \text{ g/cm}^3$ darf als den Verhältnissen gut angemessen bezeichnet werden. Beim Albistunnel hingegen fällt der Unterschied zwischen der Gruppe der drei ersten Werte und der Gruppe der drei übrigen Werte auf. Man kann diesen Unterschied kaum mehr als zufällig bezeichnen. Den gravimetrischen Dichtebestimmungen liegt die Hypothese zugrunde, daß das Gestein zwischen dem Tunnel und der Erdoberfläche homogen sei. Der genannte Unterschied in den Resultaten dürfte zu erklären sein durch den Umstand, daß diese Hypothese in Wirklichkeit nicht zutrifft, d. h. das Gestein inhomogen ist. In diesem Falle brauchen die verschiedenen Methoden nicht zum gleichen Resultat zu führen. P. Müller hat als Beispiel folgendes Modell angegeben: Einem homogenen Gesteinskern sei eine ebenfalls homogene, überall gleich mächtige Rindenschicht von geringerer Dichte überlagert. Die Dichtebestimmung nach vertikalen Stationspaaren ergibt dann einen Durchschnittswert der beiden Dichten, währenddem bei der Dichtebestimmung nach Nettleton oder mit der Korrelationsmethode der Einfluß der Rindenschicht in erster Annäherung zu vernachlässigen ist, d. h. als Ergebnis ungefähr die Dichte des homogenen Gesteinskerns erhalten wird.

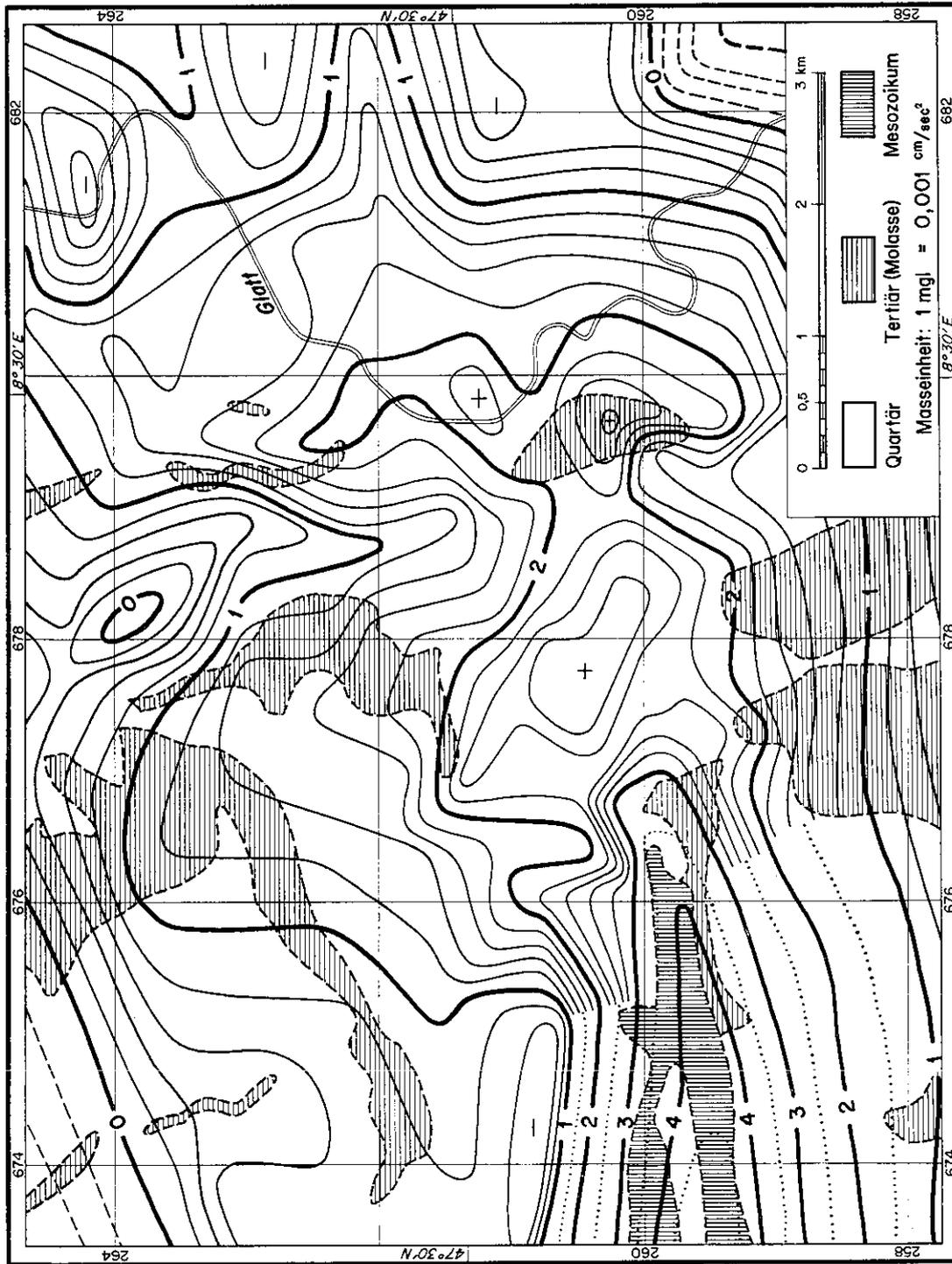


Fig. 16. Detailkarte «Niederhasli».

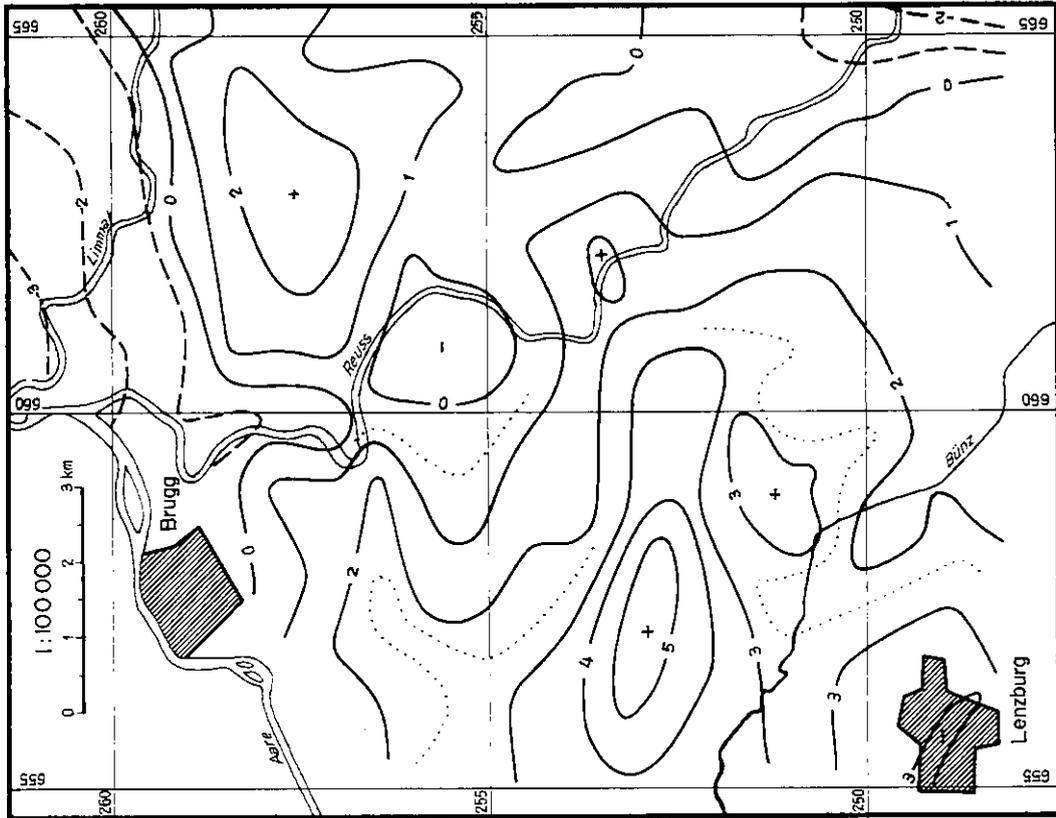


Fig. 18. Gebiet Reuß-Lenzburg, «Bouguerkarte II».

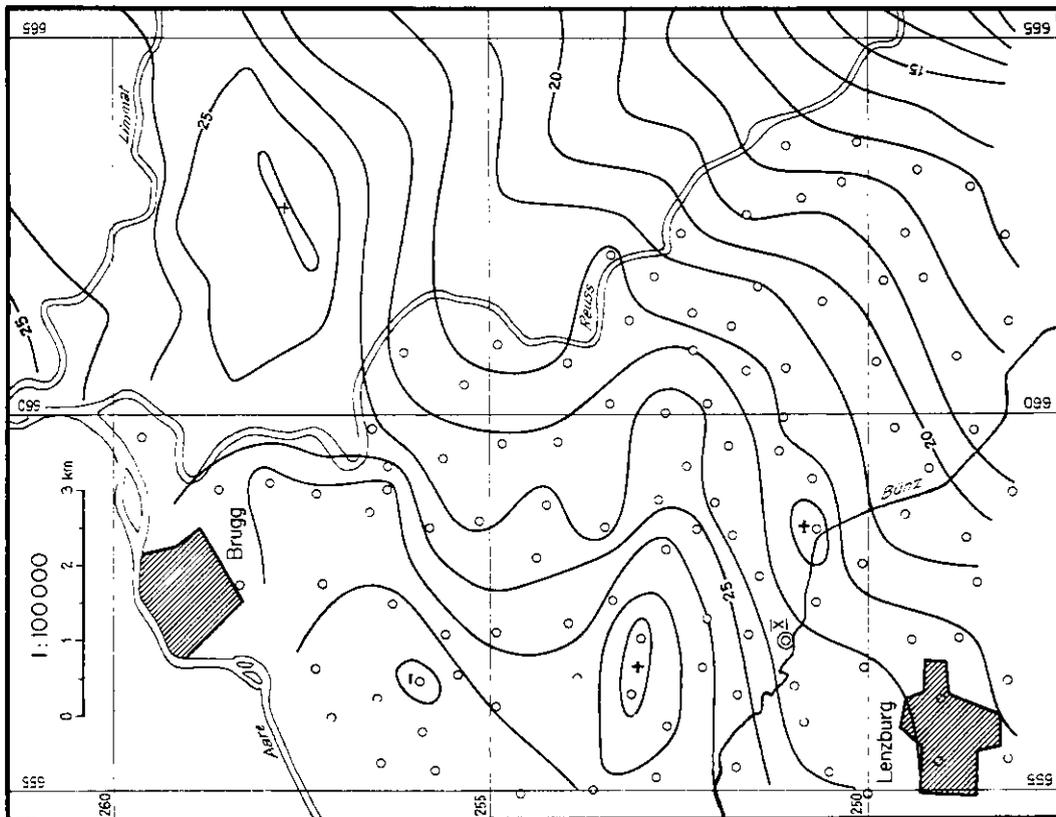


Fig. 17. Gebiet Reuß-Lenzburg, «Bouguerkarte I».

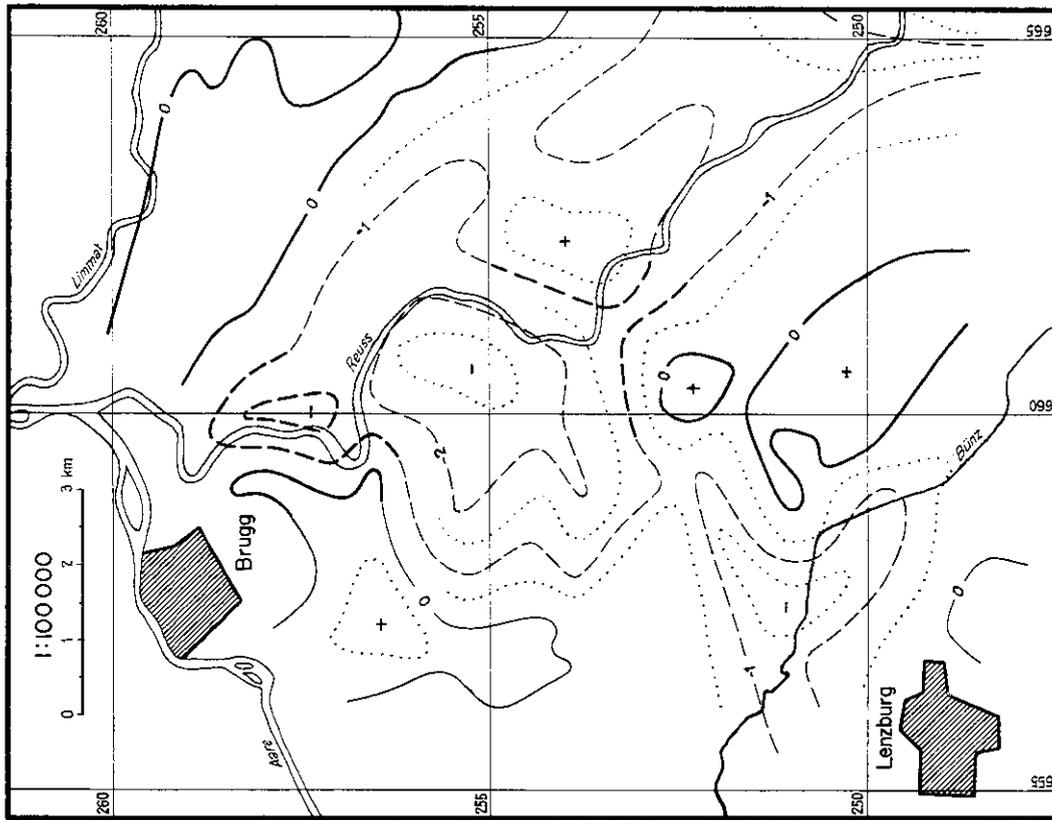


Fig. 20. Gebiet Reuß-Lenzburg, «Quartärkarte»

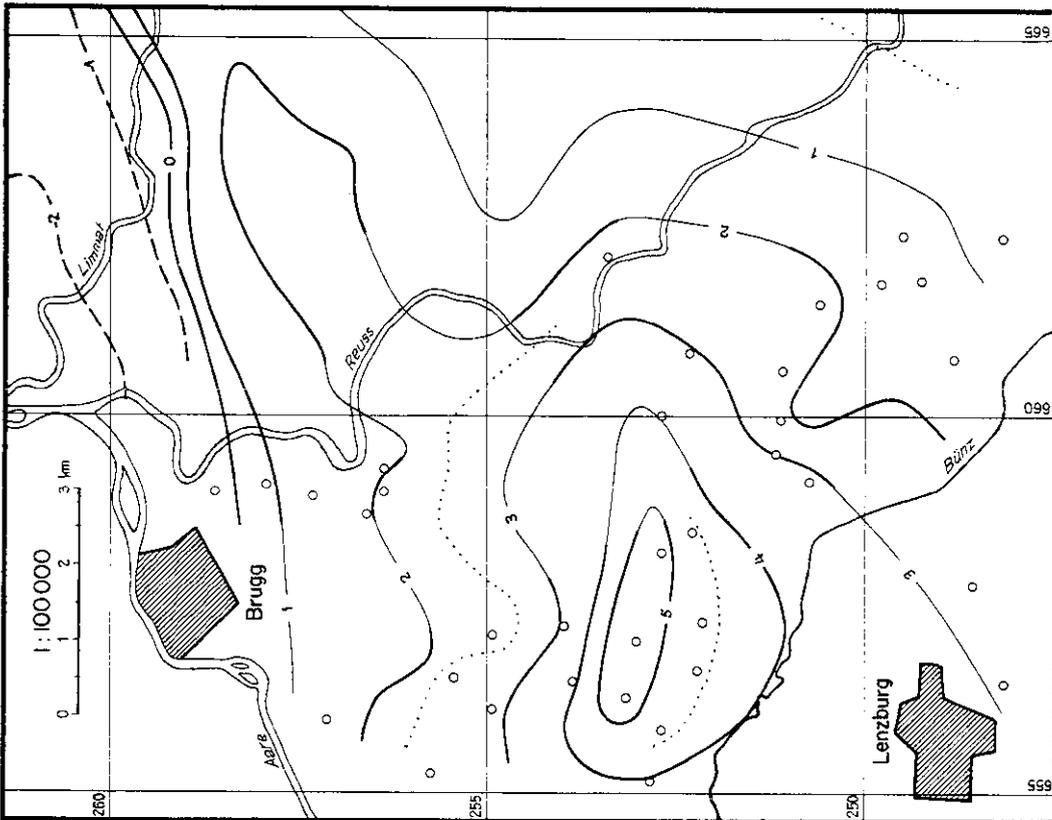


Fig. 19. Gebiet Reuß-Lenzburg, «Molassekarte»

§ 6 Ergänzungen zu den Schwerekarten von P. Gretener

A. Detailkarte «Niederhasli»

Fig. 16 stellt gemäß § 2a) einen vergrößerten Ausschnitt aus der «Bouguer-Karte II» von P. GRE-TENER dar. Die darin enthaltenen summarischen geologischen Angaben sind jener Karte entnommen.

B. Schwerekarten des Gebietes «Reuß-Lenzburg»

Gemäß § 2b) stellen die Karten Fig. 17 bis 20 Ergänzungen zu den entsprechenden Karten von P. GRE-TENER dar. Die Ergänzungen beziehen sich auf das Gebiet westlich der Reuß, währenddem die Kurven östlich der Reuß aus den Karten von Gretener übernommen werden konnten. In Fig. 17 sind die Stationen eingetragen, die noch nicht in den Tabellen von Gretener enthalten sind. Die Angaben über diese Stationen sind in Tabelle XII zusammengestellt. Die Bezeichnungen stimmen mit den von Gretener verwendeten überein und sind in seiner Arbeit erklärt.

Tabelle XII

Meßwerte für das Gebiet «Reuß-Lenzburg»

X	Y	H	g'	T $\rho = 2,4$	$\gamma_0 - g$	u_2	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl	mgl	mgl	
248104	658965	416.2	980682.74	0.16	61.72	1.56	501
248148	661222	455.0	673.21	0.25	63.12	1.14	502
248171	656459	503.6	665.67	1.72	59.10	3.01	503
248178	655417	411.2	687.32	0.06	58.34	3.29	504
248182	662365	536.3	655.31	0.47	63.92	0.83	505
248572	657762	480.9	671.44	0.55	59.54	2.83	506
248609	659780	419.5	682.33	0.16	61.85	1.40	507
248642	663015	527.7	657.64	0.50	63.72	0.97	508
248718	658362	413.3	685.05	0.36	60.31	2.22	509
248818	657030	433.1	682.93	0.21	58.54	3.31	510
248833	660762	492.4	666.69	0.64	62.02	1.50	511
249068	656238	415.1	687.44	0.12	58.08	3.23	512
249095	655386	406.6	689.42	0.06	57.95	2.95	513
249198	659279	416.1	684.68	0.15	60.70	1.88	514
249263	661803	524.9	660.05	0.61	62.28	1.37	515
249340	663240	500.3	664.14	0.54	63.45	0.79	516
249437	656999	431.7	684.16	0.04	58.27	3.09	517
249503	662394	555.4	653.64	0.84	62.31	1.43	518
249518	658665	406.4	687.14	0.12	60.55	1.50	519
249652	659806	456.2	677.11	0.44	60.00	2.45	520
249789	661764	514.0	663.73	0.36	61.55	1.67	521
249894	660676	589.7	647.61	1.92	60.45	2.20	522
250026	654954	399.5	693.00	0.06	56.59	3.39	523
250064	656635	419.5	687.84	0.05	57.63	3.08	524
250087	658009	422.2	685.56	0.11	59.31	1.99	525
250130	663611	409.3	683.57	0.59	63.54	0.25	526
250331	663080	447.7	677.13	0.59	62.15	1.25	527
250536	655245	390.7	694.56	0.08	57.26	2.45	528
250606	661486	516.3	665.05	0.65	60.12	2.35	529
250688	658467	391.9	693.49	0.41	57.47	3.57	530
250698	657491	395.2	692.38	0.25	58.47	2.13	531
250743	659132	437.8	683.57	0.60	58.09	3.21	532
250868	662858	385.9	690.57	0.76	61.83	1.05	533
250989	656386	403.9	692.06	0.04	57.42	2.45	534
251072	663567	378.1	691.23	0.23	63.50	-0.46	535
251086	660601	490.3	671.44	1.07	59.11	2.58	536
251092	656992	390.8	694.69	0.11	57.52	2.55	537
251112	659946	519.5	665.07	1.17	59.32	2.06	538
251172	659499	464.9	678.55	0.56	57.86	3.27	539
251446	657839	425.2	687.82	0.06	57.60	2.57	540
251458	661692	408.4	688.63	0.60	59.73	2.16	541
251591	657066	409.0	692.71	0.13	56.11	3.60	542
251602	662652	357.8	697.48	0.31	61.82	0.39	543
251609	660574	420.8	687.78	0.29	58.43	2.85	544
251750	656271	387.7	697.80	0.20	55.51	3.71	545
251761	655319	380.2	699.82	0.14	55.12	3.67	546
251797	658392	429.9	687.08	0.09	57.60	2.55	547

X	Y	H	g'	T $\rho = 2,4$	% — g	u ₂	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl	mgl	mgl	
251814	661167	411.4	980689.33	0.34	58.96	2.43	548
251846	659568	412.4	690.64	0.08	57.72	2.92	549
252036	658814	425.9	688.19	0.09	57.43	2.72	550
252121	660140	420.0	690.20	0.06	56.83	3.85	551
252136	657272	416.7	692.53	0.49	54.76	4.61	552
252210	656626	407.9	694.55	0.55	54.58	4.45	553
252277	658461	443.9	686.52	0.46	55.25	4.55	554
252315	660853	401.2	693.24	0.15	57.77	3.07	555
252329	661343	422.2	687.29	0.33	59.18	1.87	556
252413	659307	409.3	693.00	0.07	56.47	3.61	557
252480	662408	347.7	701.71	0.25	60.46	0.96	558
252677	660019	415.3	692.38	0.05	56.09	4.10	559
252680	658205	575.8	657.99	3.19	53.94	5.42	560
252690	655855	460.9	684.38	1.01	53.65	4.65	561
252791	658865	415.4	692.23	0.27	56.09	3.49	562
252836	655174	358.9	705.50	0.99	53.89	4.00	563
252838	661830	389.3	694.65	0.25	59.16	1.72	564
253016	657030	644.9	641.14	7.19	52.68	5.90	565
253155	656282	647.2	641.34	6.69	52.62	5.52	566
253158	661246	389.9	695.56	0.14	58.49	1.88	567
253386	662190	370.0	699.62				568
253395	657530	451.7	686.13	0.85	54.54	3.97	569
253398	662120	346.2	704.17	1.11	58.20	2.37	570
253418	660145	408.0	692.89	0.02	57.73	1.94	571
253494	658498	403.9	694.33	0.18	57.04	1.82	572
253663	655021	373.5	703.30	0.90	53.81	3.36	573
253852	656501	514.0	673.65	0.86	54.42	3.28	574
253976	657233	433.7	690.18	0.37	55.19	2.73	575
253982	660688	411.9	691.22	0.27	58.79	0.68	576
254100	659638	401.5	694.82	0.03	57.69	1.22	577
254262	658796	397.4	696.93	0.06	56.53	1.88	578
254398	658091	393.0	698.48	0.11	55.96	2.02	579
254610	654971	354.8	708.26	0.94	53.47	2.94	580
254849	659610	395.1	696.62	0.03	57.83	0.48	581
254907	660934	402.8	693.37	0.13	59.42	-0.56	582
254927	657100	417.8	694.71	0.21	54.90	2.22	583
254930	656116	444.0	690.14	0.42	53.80	2.87	584
255150	658578	391.4	698.44	0.02	57.03	0.58	585
255349	660402	402.2	694.83	0.06	58.51	-0.23	586
255432	656544	409.6	698.02	0.18	53.73	2.74	587
255602	657075	391.6	701.15	0.17	54.50	2.08	588
255630	659414	389.5	699.04	0.07	57.17	0.45	589
255747	655268	386.9	703.47	0.53	52.92	2.74	590
255813	658493	384.9	701.42	0.06	55.90	1.16	591
255907	655787	408.9	698.65	0.22	53.59	2.17	592
255945	656451	422.5	695.62	0.24	53.81	2.22	593
256142	660821	389.9	698.18	0.09	58.34	-0.49	594
256313	657480	399.4	701.15	0.14	53.47	2.75	595
256366	659298	500.2	675.95	2.69	55.20	1.78	596
256368	658995	460.9	686.23	1.21	54.58	2.27	597
256469	655371	441.9	691.84	0.80	53.41	1.73	598
256513	656228	449.2	690.80	0.28	53.49	2.00	599

X	Y	H	g'	$\frac{T}{\rho = 2,4}$	$\gamma_0 - g$	u_2	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl	mgl	mgl	
256 568	659 800	363.7	980704.74	0.92	56.74	0.32	600
256 600	658 699	422.2	695.23	0.33	54.70	1.83	601
257 120	655 971	506.7	677.20	2.56	53.34	1.57	602
257 227	657 749	389.2	702.76	0.32	54.55	1.07	603
257 306	658 943	437.5	692.52	0.45	54.68	1.41	604
257 323	656 621	478.1	684.61	1.26	53.34	1.70	605
257 920	659 085	421.8	696.37	0.32	54.72	0.96	606
258 320	657 738	369.4	707.19	0.37	55.08	—0.32	607
258 591	659 002	376.4	705.50	0.30	55.60	—0.48	608
259 610	659 696	330.5	715.42	0.34	56.01	—1.38	609

§ 7 Über die Schwere im Gesamtgebiet «Zug-Rhein»

A. Schweremessungen im Verbindungsgebiet «Forch-Muri»

Die Ergebnisse der Schweremessungen im Verbindungsgebiet «Forch-Muri» (§ 2 g)) sind in Tabelle XIII zusammengestellt. Die darin enthaltenen Größen haben die gleiche Bedeutung wie in Tabelle IV und sind in § 4 definiert.

Tabelle XIII

Schwerewerte im Verbindungsgebiet «Forch–Muri»

X	Y	H	u	Θ_r	T_w	v	Stations-Nr.
m	m	m	mgl	mgl/ $\frac{g}{cm^3}$	mgl	mgl	
230031	672251	456.6	—24.67	0.283	—	61.84	471
232945	674309	427.6	—15.65	0.127	—	62.30	451
233673	670530	453.0	—17.26	0.274	—	65.55	478
234576	676202	501.4	—28.36	0.257	—	63.34	466
236056	677930	583.6	—43.34	0.400	—	63.93	450
236402	667358	519.2	—24.43	0.388	—	69.68	467
236735	672945	409.9	— 4.69	0.129	—	66.67	452
237374	679108	642.1	—53.63	0.383	0.003	64.21	465
238683	672447	405.6	— 0.14	0.155	—	69.13	472
238901	665143	579.9	—29.93	0.485	—	74.53	470
239113	674954	520.5	—23.38	0.194	—	68.29	473
239281	666521	446.6	— 2.88	0.157	—	73.81	456
240336	676873	539.0	—27.09	0.399	—	67.82	453
241263	674013	566.4	—28.62	0.166	—	70.40	454
241917	684147	407.4	— 1.40	0.607	0.372	66.14	459
242299	663223	526.8	—10.35	0.299	—	80.28	469
242375	669877	379.3	—11.43	0.196	—	72.29	479
242690	691270	731.7	—68.35	0.755	0.014	64.02	477
243071	679357	552.1	—26.32	0.462	0.003	69.14	E
243131	681058	528.7	—22.94	0.843	0.009	68.78	A
243324	662771	453.5	— 7.21	0.222	—	82.18	457
244054	686898	584.5	—33.64	0.383	0.048	67.25	476
244100	672230	617.5	—32.34	0.289	—	74.90	464
244238	687963	629.0	—42.83	0.274	0.022	66.54	460
244641	675052	531.9	—17.24	0.332	—	72.59	463
244782	668979	396.2	—15.06	0.216	—	77.39	458
245452	674953	461.8	— 1.31	0.276	—	73.73	455
246266	658831	549.0	— 3.74	0.363	—	88.26	468
247843	683823	452.2	— 0.00	0.200	0.002	70.97	ZH
248267	688965	505.7	—11.97	0.414	—	69.91	475
249385	689070	439.9	— 2.87	0.111	—	69.93	461
250835	684909	478.7	— 0.63	0.344	—	73.59	474
253589	689999	450.8	— 5.57	0.034	—	71.19	462

B. Zusammenfassende Karten des Gebietes «Zug-Rhein»

Die Schweremessungen in den in Fig. 1 gezeigten Gebieten gestatteten die Herstellung von zusammenfassenden Schwerekarten für ein Gebiet von etwa 1200 km² zwischen Zug und Rhein.

Fig. 21 ist ein vergrößerter Ausschnitt aus der Bouguer-Karte von Th. Niethammer (Astr.-Geodätische Arbeiten in der Schweiz, Band 16). Die an die Kurven angeschriebenen Zahlen sind Bouguer-Anomalien in mgl, wobei zum Zwecke der besseren Vergleichung mit den Karten Fig. 22–24 zu den in der Originalkarte von Niethammer enthaltenen Bouguer-Werten die Konstante 135 mgl addiert wurde.

Fig. 22 ist eine Bouguer-Karte, die auf den eingezeichneten Molassestationen basiert. Für das Gebiet Sihlbrugg (siehe Fig. 1) wurden die Bouguer-Werte v als Grundlage angenommen. Sie sind in § 4D definiert und beruhen auf Reduktionen mit der Dichte $\rho_0 = 2,6$. Für das Verbindungsgebiet «Forch–Muri» sind Bouguer-Werte v_1 verwendet worden. Die Größen v_1 beruhen auf Reduktionen mit der Dichte $\rho_1 = 2,5$ statt ρ_0 und sind im übrigen wie v definiert. Für das Gebiet «Zürich–Rhein» sind Bouguer-Werte v_2 zugrunde gelegt. Die v_2 wurden durch Reduktion mit der Dichte $\rho_2 = 2,4$ statt ρ_0 gewonnen und sind im übrigen wie v definiert.

Fig. 23 ist eine Bouguer-Karte, für die, wie die eingetragenen Punkte zeigen, sowohl Molasse- wie Quartärstationen verwendet wurden. Die Karte stellt die ausschließlich mit $\rho_0 = 2,6$ reduzierten Werte v dar.

Fig. 24 unterscheidet sich nur dadurch von Fig. 23, daß ausschließlich Molassestationen verwendet wurden.

In Tabelle XIV sind die Koordinaten der Stationen und die Bouguer-Werte, die für die Karten Fig. 22 bis 24 benützt wurden, zusammengestellt.

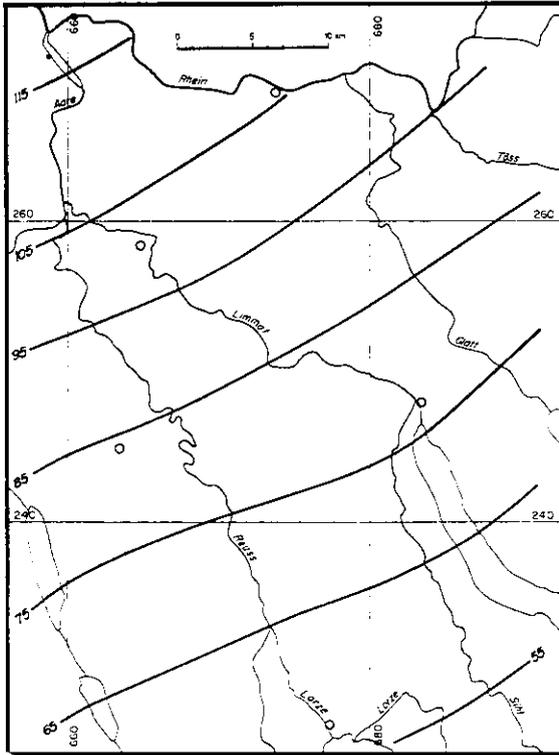


Fig. 21. Ausschnitt 1:500000 aus der Schwerekarte von Th. Niethammer.

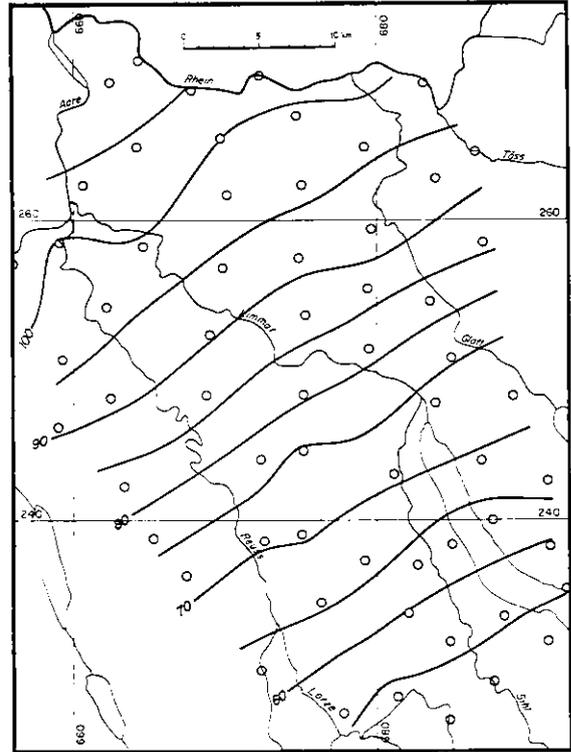


Fig. 22. Bouguerkarte 1:500000, ausschließlich auf Molassestationen und auf Reduktionen mit abgestufter Gesteinsdichte basierend.

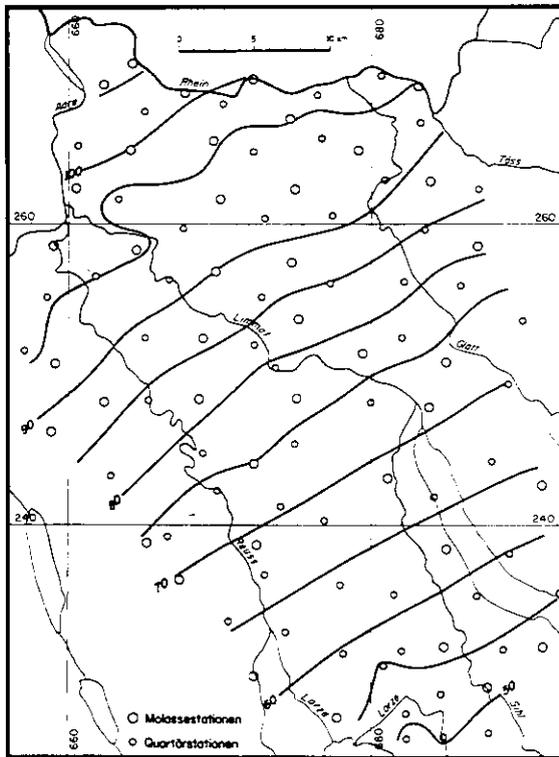


Fig. 23. Bouguerkarte 1:500000, auf Molasse- und Quartärstationen und auf Reduktionen mit einheitlicher Gesteinsdichte 2,6 basierend.

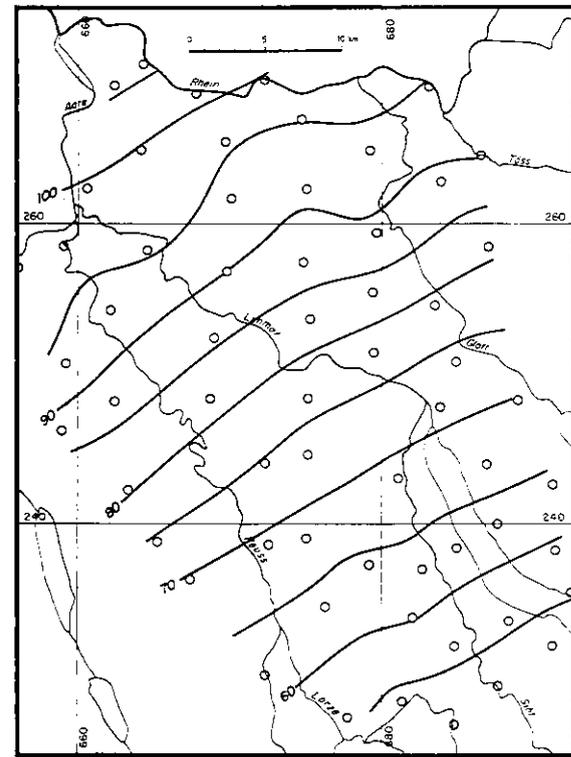


Fig. 24. Bouguerkarte 1:500000, ausschließlich auf Molassestationen und auf Reduktionen mit einheitlicher Gesteinsdichte 2,6 basierend.

Tabelle XIV

Bouguer-Werte für das Gesamtgebiet «Zug-Rhein»

X	Y	v_2	v_1	v	Stations-Nr.
m	m	mgl	mgl	mgl	
225896	682222			49.50	392
225996	684654			50.43	230
226280	687710			44.94	338
226757	684804			51.00	228
227228	677681			56.11	374
227442	682181			50.64	206
228237	681286			53.61	202
228526	677960			56.87	372
228845	684477			52.76	324
229282	687667			52.05	414
230031	672251		62.72	61.84	471
230751	680705			54.71	368
231553	678115			59.76	364
231679	681978			57.07	248
231780	688674			53.80	81
231951	691235			52.67	105
231968	684714			56.26	282
232945	674309			62.30	451
233597	688372			55.74	37
233673	670530			65.55	478
233842	681982			59.90	291
234576	676202		65.41	63.34	466
235340	686919			58.23	24
235440	681435			61.45	296
235571	692472			55.28	446
236056	677930			63.93	450
236402	667358		71.82	69.68	467
236735	672945			66.67	452
237046	682608			62.99	415
237374	679108		64.21	66.87	465
238171	689179			59.85	437
238304	691442			59.12	439
238442	684897			62.58	426
238683	672447		70.82	69.13	472
238901	665143		76.91	74.53	470
239113	674954		70.45	68.29	473
239281	666521			73.81	456
240020	687617			62.83	431
240336	676873			67.82	453
241263	674013			70.40	454
241917	684147			66.14	459
242299	663223		82.46	80.28	469
242375	669877			72.29	479
242690	691270		67.02	64.02	477
243131	681058		70.93	68.78	A
243324	662771			82.18	457
244054	668898		69.67	67.25	476
244100	672230		77.46	74.90	464

X	Y	v ₂	v ₁	v	Stations-Nr.
m	m	mgl	mgl	mgl	
244238	687963			66.54	460
244641	675052		74.79	72.59	463
244782	668979			77.39	458
245452	674953			73.73	455
246266	658831		90.53	88.26	468
247843	683823		72.86	70.97	ZH
248178	655417			93.63	504
248182	662365	91.48		87.02	505
248195	679995			72.46	700
248267	688965		71.99	69.91	475
248295	665305			83.48	701
248405	668640	87.01		82.15	702
248420	675075	80.87		76.77	703
249340	670205			81.44	516
249385	689070			69.93	461
250450	673670			79.32	704
250743	659132	97.32		93.70	532
250835	684909		75.33	73.59	474
251425	679435	81.49		77.19	705
251591	657066			95.89	542
251945	672310			82.88	706
252415	668910	90.67		85.73	707
252445	682025			76.43	708
252470	665105			88.64	709
252836	655174	101.53		98.60	563
253589	689999			71.19	462
253685	675215	87.22		82.38	710
254305	662105	96.72		93.27	711
254610	683460	82.36		78.68	580
255135	672790			85.99	712
255150	658578			95.11	585
255460	679375	86.95		82.81	713
255905	685895			76.97	714
256055	677285			84.84	715
256155	682180			81.75	716
256360	666660			91.84	717
256525	661800			95.03	718
256850	669770	93.73		89.99	719
257120	655971	102.07		98.03	602
257475	674765	91.67		87.42	720
258260	664505	99.76		95.46	721
258525	687015	85.47		81.13	722
258591	659001	99.82		96.68	608
259405	679605	92.98		89.32	723
259660	683510			84.82	724
259730	667645			94.31	725
260320	673030			92.64	726
260500	677435			91.82	727
261695	670030	97.89		93.43	728
261775	663315			93.43	729
262315	687085			86.00	730
262320	674990	95.71		91.04	731
262380	660570	102.08		98.93	732

X	Y	v_2	v_1	v	Stations-Nr.
m	m	mgl	mgl	mgl	
262795	683935	93.18		88.80	733
262880	680915			90.87	734
264765	686570	93.47		90.20	735
264790	672270			92.59	736
264875	679185	95.74		92.09	737
264935	664095	103.71		99.96	738
265155	660655			101.64	739
265460	669640	100.05		95.40	740
265635	676780			90.75	741
266680	683230			91.38	742
266940	674680	98.57		95.10	743
267390	665100			102.09	744
267890	670250			97.03	745
268570	676465			96.87	746
268645	667720	104.96		101.30	747
269110	683100	97.73		94.62	748
269205	662360	109.52		105.73	749
269760	672230	102.94		99.94	750
269820	680655			97.39	751
270135	678295	102.64		99.72	752
270610	664250	109.16		106.13	753

Zur Zeit, als Th. Niethammer seine Schweremessungen ausführte, hatten einerseits die Instrumente eine viel geringere Genauigkeit, andererseits erforderte die Messung auf einer Station einen ungleich viel größeren Zeitaufwand. Seine Schwerekarte der Schweiz basiert daher auf nur 231 Stationen, was einer mittleren Stationsdichte von einer Station auf etwa 180 km² entspricht. Bei den Schweremessungen von P. Gretener hingegen kam eine Station auf $\frac{2}{3}$ km², im Gebiet Sihlbrugg auf $\frac{1}{3}$ km². Die zusammenfassenden Karten nehmen eine Mittelstellung ein. In der Karte Fig. 23 entfällt eine Station auf 13,4 km² und in den Karten Fig. 22 und 24 auf 21 km².

Literaturverzeichnis

- AEPPLI, AUG. [1894]. Erosionsterrassen und Glazialschotter in ihrer Beziehung zur Entstehung des Zürichsees. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. NF 4. Lfg. Bern 1894. Dissertation Universität Zürich.
- Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz. Bd. 16* [1921]. Schwerebestimmungen in den Jahren 1915 bis 1918. Kartenverlag der Eidg. Landestopographie Wabern/Bern.
- Astronomisch-geodätische Arbeiten in der Schweiz. Bd. 25* [1959]. Gravimetermessungen in den Jahren 1953 bis 1957. Kartenverlag der Eidg. Landestopographie Wabern/Bern.
- EVJEN, H. M. [1936]. The place of the vertical gradient in the gravitational interpretations. *Geophysics*, Vol. 1, No. 1, pp. 127–136.
- FREI, R. [1912]. Monographie des schweizerischen Deckenschotters. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. NF 37. Lfg.
- GRETENER, P. [1954]. Schweremessungen nordwestlich von Zürich und ihre geologische Interpretation. *Eclogae geol. Helv.*, Vol. 47, S. 173–222. Dissertation ETH Zürich.
- HUNZIKER, E. [1959]. Die Schweremessungen der Schweizerischen Geodätischen Kommission. *Schweiz. Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie*, LVII. Jahrgang, S. 97–109.
- JUNG, K. [1953]. Zur Bestimmung der Bodendichte nach dem Nettleton-Verfahren. *Zeitschrift für Geophysik. Sonderband aus Anlaß des 30jährigen Bestehens der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft*. S. 54–58.
- MARTIN, J. [1954]. Base gravimétrique française Paris–Toulouse. Extension de Toulouse au Pic du Midi. *Expéditions Polaires Françaises. Missions Paul-Emile Victor. Résultats scientifiques No. NS III. 3.*
- NETTLETON, L. L. [1939]. Determination of density for reduction of gravimeter observations. *Geophysics*, Vol. 4, No. 3, pp. 176–183.
- PAVONI, N. [1957]: Geologie der Zürcher Molasse zwischen Albiskamm und Pfannenstiel. *Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich*, Jahrg. 102, Abh. Nr. 5, S. 117–315.
- YARAMANCI, A. [1954]. Eine allgemeine Methode zur gravimetrischen Gesteinsdichtebestimmung. *Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul. Série A, Tome XVIII, Fasc. 3, 1952.* Dissertation ETH, Zurich.

Geologische Karten

- AEPPLI, A. [1894]. Geologische Karte des Gebietes zwischen Zürichsee und Zugersee. *Geol. Spez. Karte 15.*
- FREI, R. [1912]. Geologische Karte des Lorzetobel-Sihlsprung-Gebietes. *Geol. Spez. Karte 70.*
- SÜTER, H. [1939]. Geologische Karte des Kantons Zürich. 1:150000.
- Geologische Karte der Schweiz 1:100000. Blatt VIII, Aarau–Luzern. II. Auflage 1913.
- Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200000. Blatt 3 Zürich–Glarus. 1950.

PUBLIKATION N°3

SCHWEREMESSUNGEN IN DER UMGEBUNG VON
ZÜRICH

Von F.Gassmann

TAFELN

2 TAFELN :

TAFEL I : 4 BLÄTTER
TAFEL II : 4 BLÄTTER

8°30'E

Bouguer'sche Schwereanomalien

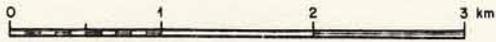
Umgebung

Zimmerberg - und Albistunnel
 auf Grund von Schweremessungen 1954 - 58
 mit den Worden-Gravimetern Nr. 26 und 40

Kurven gleicher Anomalie v in Abständen
 von 0,5 Milligal

- Molassestationen
- Quartärstationen

1:50 000



Tafel I	1.1	1.2
	2.1	2.2

Türler - See

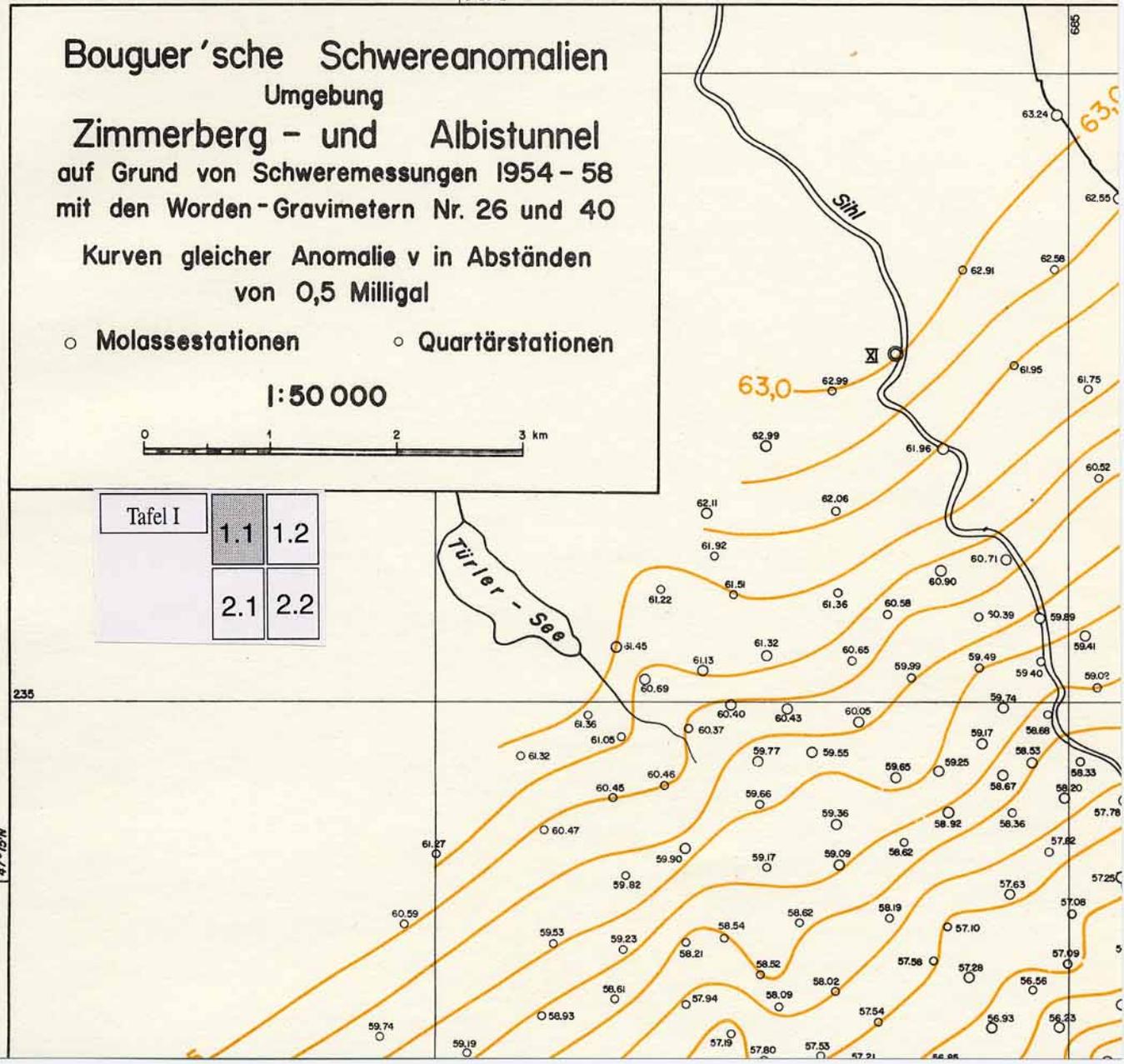
Sihl

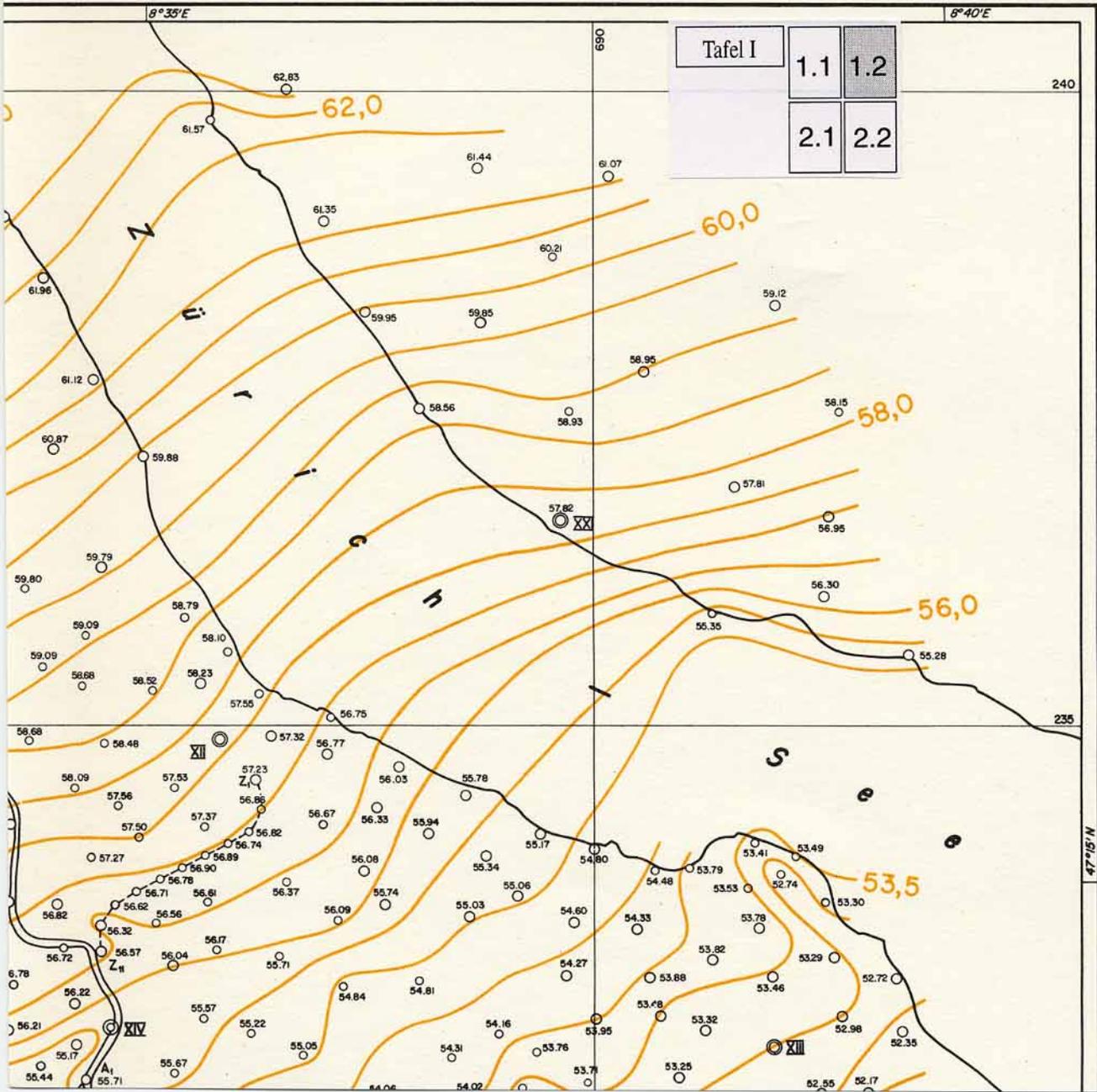
63,0

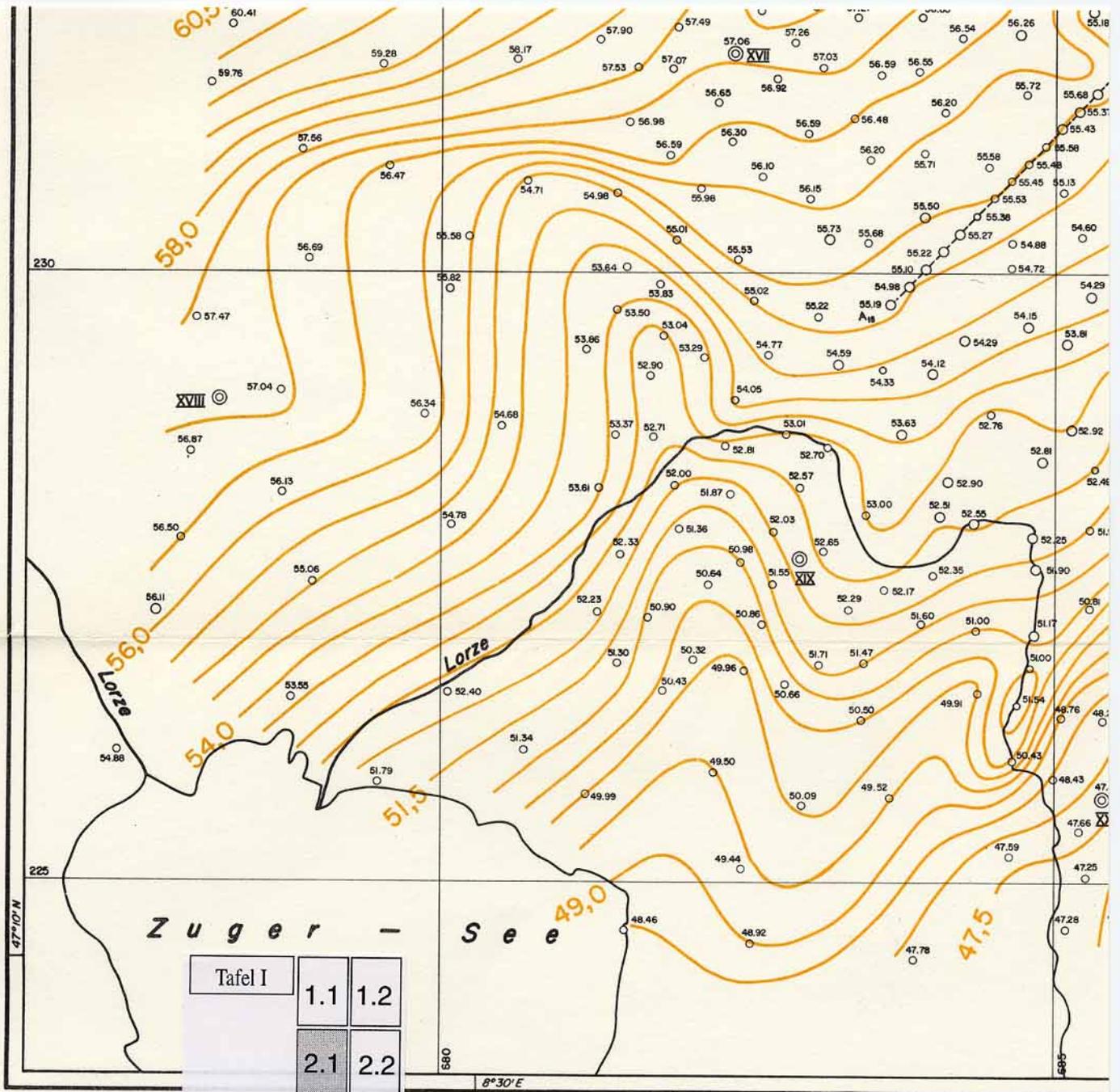
63,0

235

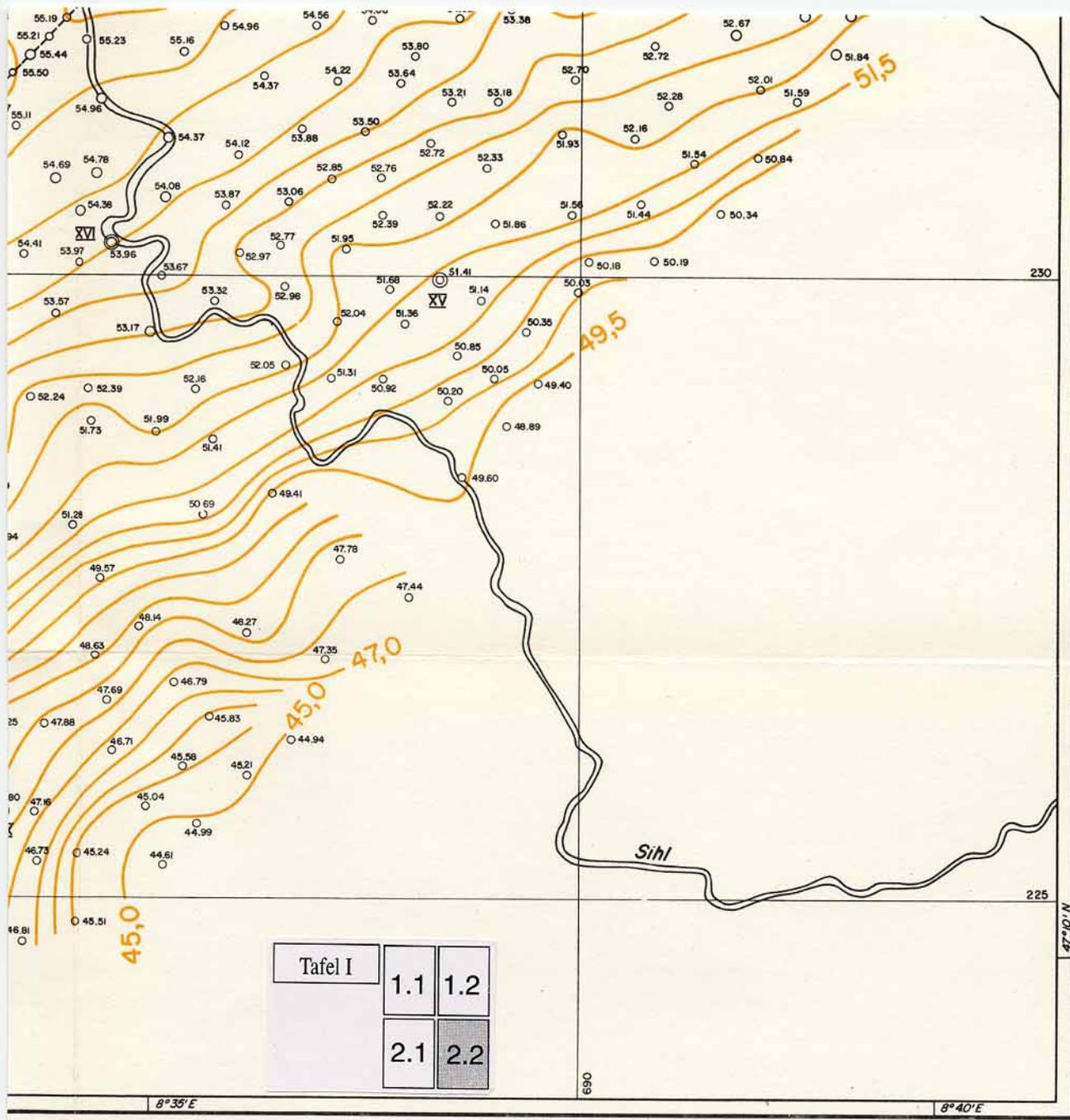
47°15'N







Tafel I	1.1	1.2
	2.1	2.2



8°30'E

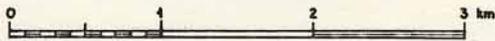
Lokale
Bouguer'sche Schwereanomalien
Umgebung

Zimmerberg - und Albistunnel
auf Grund von Schweremessungen 1954 - 58
mit den Worden-Gravimetern Nr. 26 und 40

Kurven gleicher Anomalie v_1 in Abständen
von 0,5 Milligal

○ Molassestationen ○ Quartärstationen

1:50 000



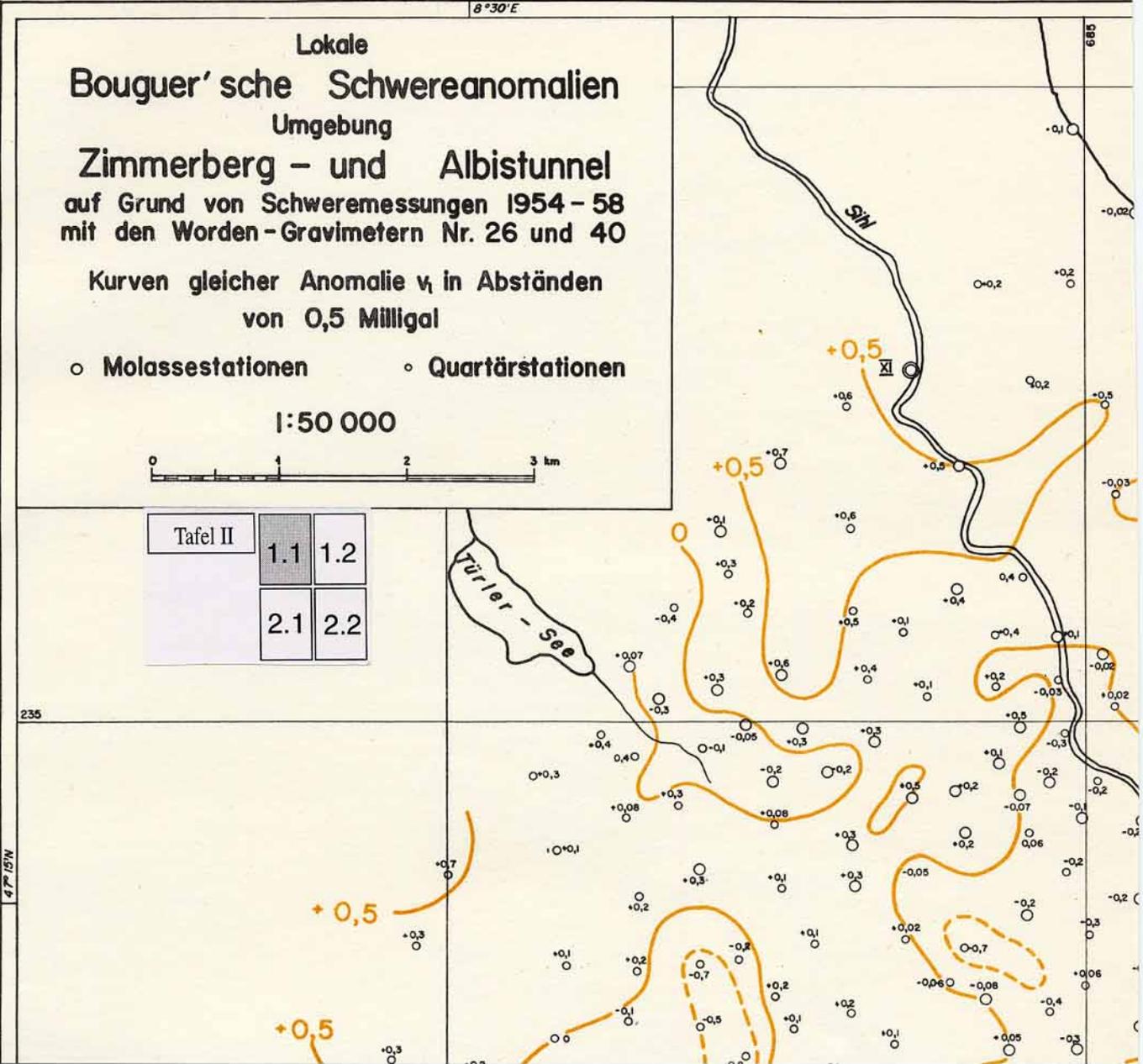
Tafel II	1.1	1.2
	2.1	2.2

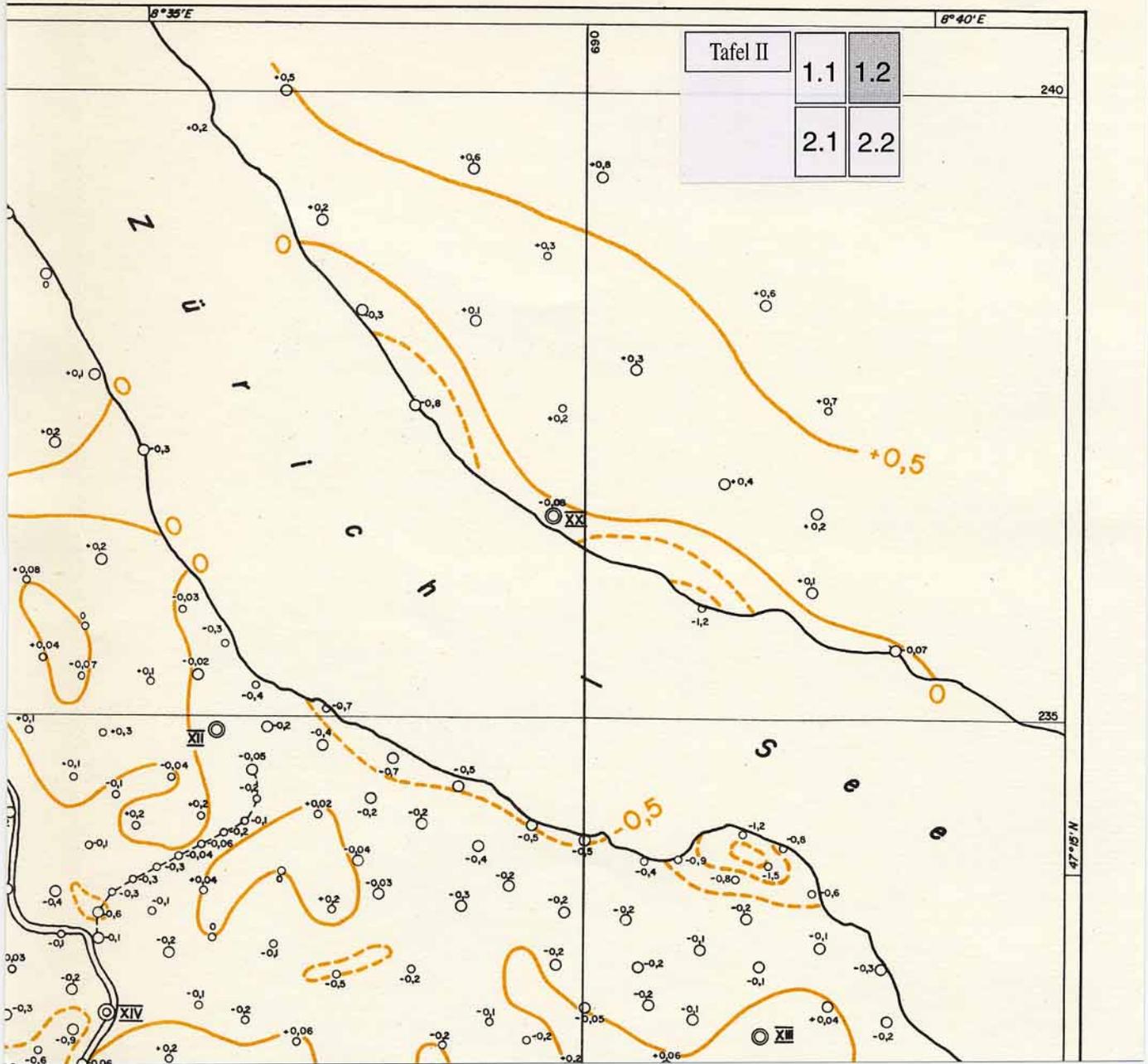
Türler - See

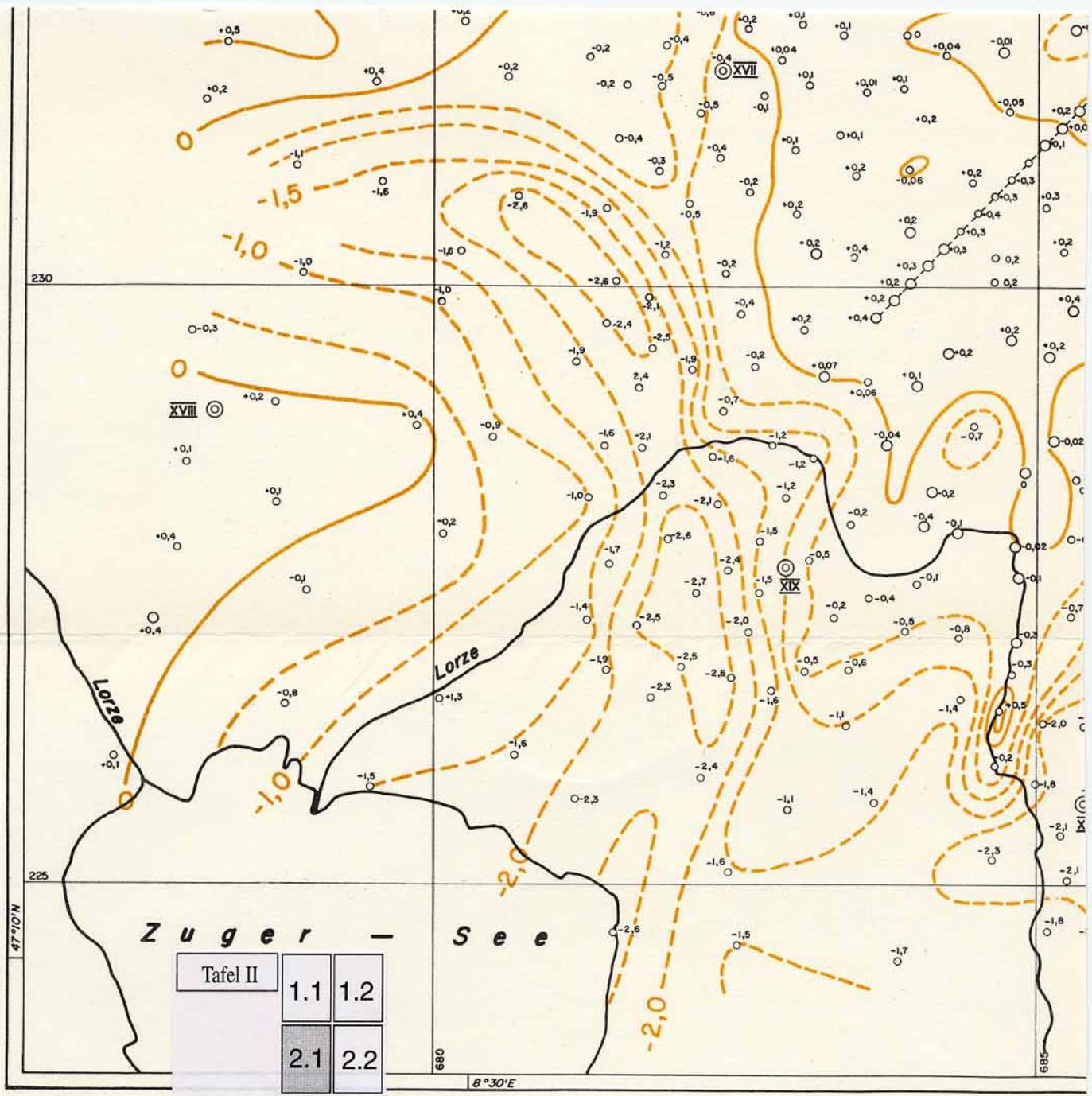
235

47 15 N

685

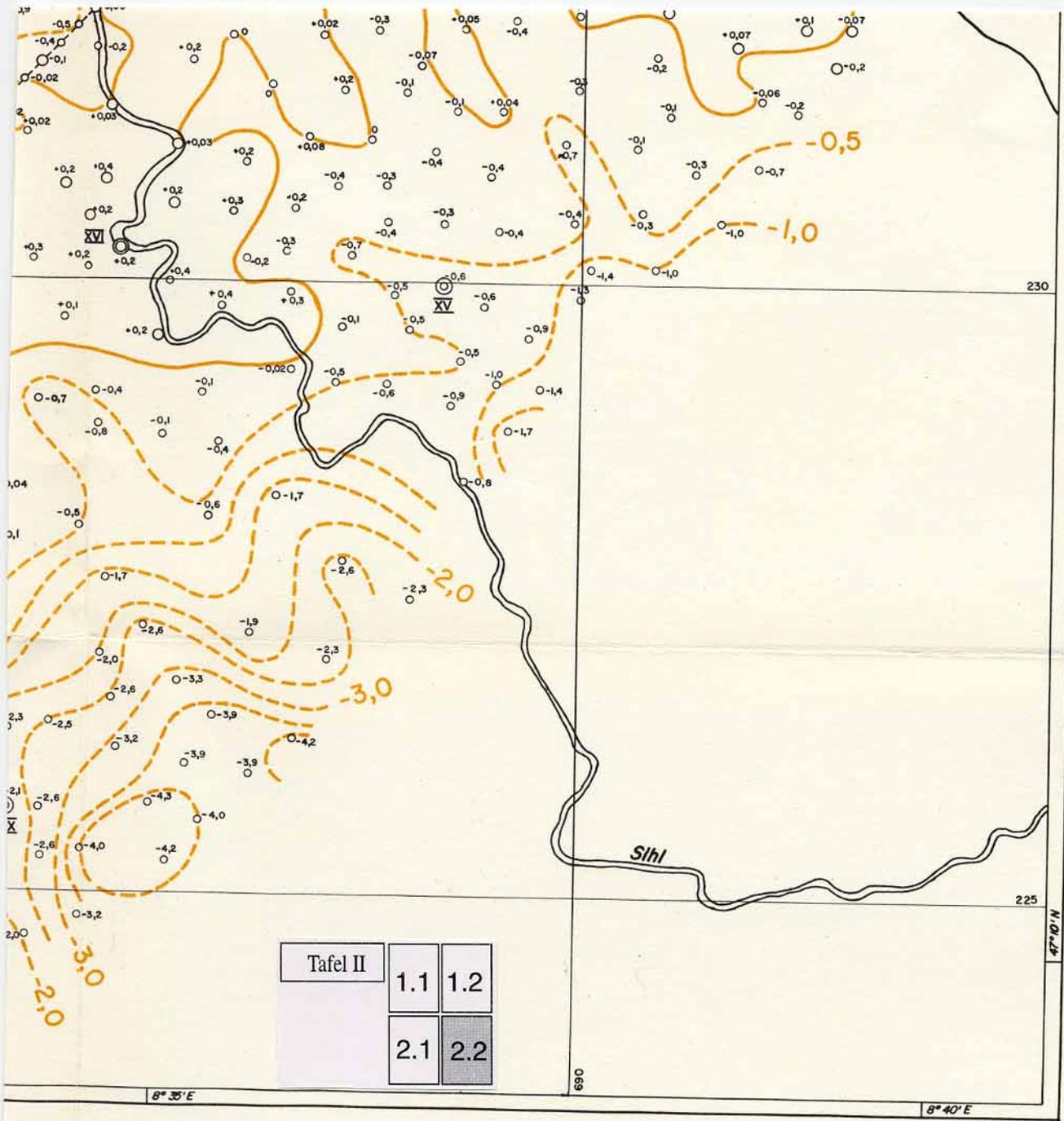






Tafel II	
1.1	1.2
2.1	2.2

8°30'E



Tafel II	1.1	1.2
	2.1	2.2

8° 35' E

8° 40' E

225

47° 10' N

690

230

Sihl