

30 Jahre Gravimetermessungen der ÖMV Aktiengesellschaft in Österreich und ihre geologisch-geophysikalische Interpretation

Von DIETHARD ZYCH*)

Mit 18 Abbildungen und 3 Tafeln (Beilagen)

*Erdölgeophysik
Gravimetrie
Bruchtektonik
Lineamente
Deckengrenzen
Lagerstätten*

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 1-214

Inhalt

Zusammenfassung	155
Abstract	156
1. Einleitung	156
2. Durchgeführte Schweremessungen	156
2.1. Historisches	156
2.2. ÖMV-Messungen	156
2.3. Messungen durch Kontraktoren	157
3. Meßgebiet	158
4. Anordnung und technische Ausführung der Messungen	158
4.1. Schwere-Basisnetz	158
4.2. Technische Ausführung	158
4.3. Umrechnung	161
5. Berechnung der Bouguer'schen Schwereanomalie	161
5.1. Topographische Messungen	162
5.2. Luftbildauswertung	162
5.3. Geländekorrekturen	163
5.4. Ermittlung der Dichteverteilung	163
6. Statistik	164
6.1. Arbeitsaufwand	164
6.2. Meßpunkte	164
6.3. Statistik-Basispunkte	164
6.4. Verteilung der Stationspunkte	165
7. Geologische Interpretation	165
7.1. Allgemeines	165
7.2. Regionalbetrachtung	165
7.2.1. Bouguerschwere Basispunkte	165
7.2.2. Bouguerschwere sämtlicher Meßpunkte	170
Dank	174
Literatur	174

Zusammenfassung

Im Rahmen der Kohlenwasserstoffexploration in Österreich wurden Schweremessungen mittels Pendel, Torsionswaage und Gravimeter bereits 1939-1944 gezielt zur Auffindung und Untersuchung von Strukturen herangezogen. Die ÖMV-Aktiengesellschaft setzte 1957 diese Arbeiten in ihren Aufsuchungsgebieten mit einem eigenen Gravimeter-Meßtrupp fort, der je-

doch ab 1981 durch den Einsatz von Fremdtrupps ersetzt wurde.

Der Meßablauf erforderte den Aufbau eines eigenen Basisnetzes, das als Grundlage für die Feldmessungen diente. Mit Einsatz der Gravimetrie im alpinen Bereich, 1962, und den damit verbundenen schwierigen topographischen und geologischen Verhältnissen, fallen der Einsatz von Luftbildauswertung und der Beginn des verstärkten Computereinsatzes 1963 zusammen. Neben der Behandlung der topographischen Korrektur erfolgte die Einbeziehung von Dichtemodellen, Schweregradientenbestimmung, Restschwere, diversen Ableitungen und die Berechnung von 2- oder 3-dimensionalen Modellen in die EDV-mäßige Verarbeitung.

*) Anschrift des Verfassers: Hon.-Prof. Dr. DIETHARD ZYCH, ÖMV Aktiengesellschaft, TG-Geologie, Gerasdorfer Straße 151, A-1210 Wien.

Seit 1982 werden Hubschraubermessungen in den alpinen Regionen durchgeführt, um eine für die Interpretation notwendige vertretbare Meßdichte zu erreichen, die bei 11 Stationen auf 25 km² liegt. Die internationale Standarddichte mit $D = 2,67 \text{ gcm}^{-3}$, hat sich vor allem im Gebirge als eine sehr gute Durchschnittsdichte erwiesen.

Mit den aus Regional- und Detailuntersuchungen gewonnenen Daten kann eine Klärung der Tektonik und des strukturellen Aufbaues des Untergrundes herbeigeführt und in Verbindung mit Ergebnissen aus anderen geophysikalischen Untersuchungsmethoden in eine „Komplexinterpretation“ einbezogen werden. Dadurch wird die Mehrdeutigkeit der einzelnen Verfahren eingeschränkt und die Möglichkeit geschaffen, wesentliche strukturelle Merkmale von den zufälligen zu trennen. Die Ergebnisse von Gravimeternmessungen dienen andererseits auch dazu, Hinweise über noch auszuführende andere zusätzliche geophysikalische Aufschlußarbeiten in bestimmten Gebieten zu geben.

In den verschiedenen Bouguerkarten spiegeln sich sehr deutlich Resultate wider, die mit der Geologie richtig in Verbindung gebracht, diese Methode als geeignet erscheinen läßt, wertvolle Informationen bei der Kohlenwasserstoffexploration zu liefern.

Abstract

In hydrocarbon exploration gravity measurements with pendulum, torsion balance and gravimeter were used 1939–1944 for special investigations on structural developments. ÖMV continued this gravity survey in its concessions from 1957 until 1981. After this foreign companies were hired for continuation.

First a basic gravity net was installed as base for the field survey. With the commencement of measurements in the alps with rough topographic situation and complicated geology fundamental problems of field operations and data reduction had to be solved before mapping. The use of computer and photometric mapping, air pictures for positioning became standard in 1963 to improve the results of topographic reductions with density zones up to 20 km. Computation of gradients, derivations, residuals two and threedimensional modeling followed continuously.

To get hold of complete survey a helicopter has been used since 1981 in mountaineous areas. To cover such an area with a minimum of stations for useful interpretation a spacing cover of 11 gravity stations for 25 km² is seen to be sufficient. The international density of 2,67 has proved to be very useful in the alpine regions.

The results of the reconnaissance and detailed measurements serve mainly for complex interpretation in connection with other geophysical methods to acquire additional information about structural features and tectonics. Otherwise it gives ideas for further on investigation through other methods in prospective looking zones.

The diverse Bouguer maps connected with the geology reflect useful information in hydrocarbon exploration.

1. Einleitung

Der Grundstein für Schweremessungen im Bereich der Erdölexploration liegt in einem Gespräch im Jahre 1914 zwischen DE GOLYER, einem der führenden Erdölexplorationsgeologen der damaligen Zeit, mit P. C. A. STEWART, welcher über die Arbeiten von EÖTVÖS mit seiner Torsionswaage in Ungarn berichtet. Die zu einem späteren Zeitpunkt in den USA folgenden Messungen führten zum ersten geophysikalischen Explorationserfolg mit der Auffindung des Nash Domes in Brazoria County, Texas, im Jahre 1924 mittels Torsionswaage.

Die weiteren Erfolge, erreicht durch das Auffinden von Salzdomen mittels Pendel- und Torsionswaagemessungen, ließen sich in schwierigen Gebieten nicht

fortsetzen, sondern führten oft zu Fehlinterpretationen, welche diese Methode bei vielen Geologen in der Exploration als nicht zielführend erscheinen ließ. Die großen Schwierigkeiten lagen nicht bei den damals zeitlich aufwendigen Messungen selbst, sondern das Problem lag darin, die gewonnenen Ergebnisse in geologische Vorstellungen umzusetzen. Deshalb besteht heute eine der wichtigsten Aufgaben darin, die Resultate der gravimetrischen Vermessung genauestens zu analysieren, alle physikalischen und geologischen Parameter zu berücksichtigen und sie in die Interpretation mit einfließen zu lassen, um eine richtige geologische Zuordnung zu treffen.

2. Durchgeführte Schweremessungen

2.1. Historisches

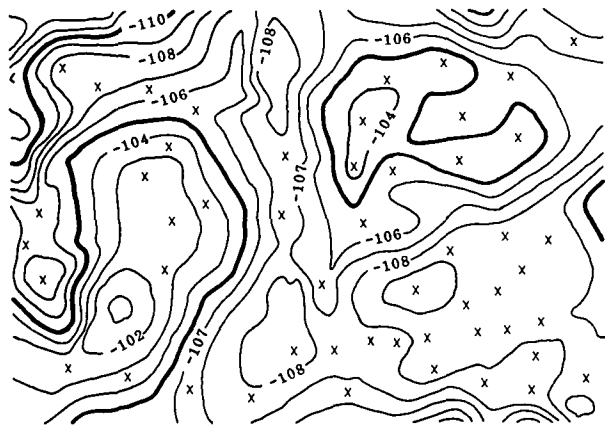
In Österreich wurden erste Schweremessungen im Rahmen der Kohlenwasserstoffsuche 1919 durch die European Gas and Electric Company durchgeführt. Intensive regionale und detaillierte Messungen fanden mit Pendel, Drehwaage und Gravimeter zwischen 1939 und 1944 statt, wobei sich diese vor allem auf das Wiener Becken und Nachbargebiete, das steirische Becken, Burgenland und den Raum St. Pölten konzentrierten. Die vorliegenden Schwerekarten aus dieser Zeit rühren von Messungen her, die im Rahmen der geophysikalischen Reichsaufnahme durchgeführt wurden und jenen der Firmen Austrogasco, Siemens und Seismos.

Karten oder Kopien alter Unterlagen sind nur mehr vereinzelt in den Archiven der Erdölfirmer oder der Universitätsinstitute zu finden. Berichte sowie zusätzliche Kartenunterlagen konnten keine in den zuständigen Archiven (wie Geol. Bundesanstalt, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen) auffindig gemacht werden, obwohl Hinweise existieren, daß diesbezügliche Unterlagen 1945 im militärwissenschaftlichen Archiv der Stiftskaserne in Wien gelagert waren.

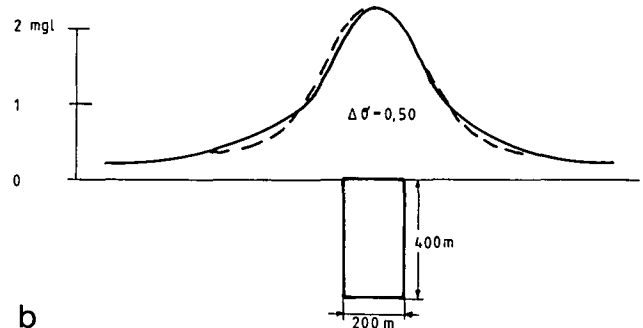
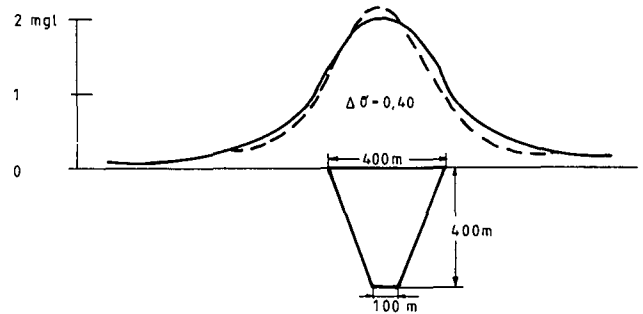
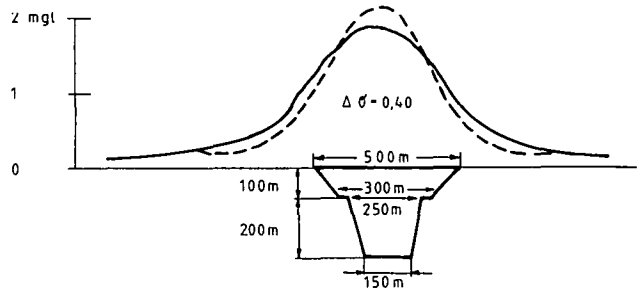
Außer den Isogammen-Karten, Siemenskarte 1943, Autor R. J. B., Übersicht der Ostmark und Nachbargebiete sowie einer Zusammenführung über „Styrian Basin Gravity Measurements“, Austrogasco of Austria, Autor Ing. JETTENCHICK, in verschiedenen Maßstäben, liegen Detailstudien z. B. über die Strukturen Aderklaa (Gradientenauswertung), Isogammen der Gravimetermessungen mit Restisogammen aus dem Gebiet Paasdorf von BÜRCEL und MÖSEL, Isogammen der Gravimetermessungen mit Festisogammen aus dem Gebiet Paasdorf von B. KUNZ, alle Austrogasco, vor. Von den selben Autoren existieren auch Karten über Gravimetermessungen der Austrogasco 1940, 1941 und 1943 aus dem Raum St. Pölten.

2.2. ÖMV-Messungen

Die mit einem eigenen Meßtrupp ausgeführten Schwerefelduntersuchungen begannen im Mai 1957 im Raum Zistersdorf. Als Meßgerät diente ein Askania Gravimeter, welches später durch ein Worden Master ersetzt wurde. Die Messungen sind auf die zur Kohlenwasserstoffsuche an die ÖMV verliehenen Gebiete beschränkt und erfolgten teils schwerpunktmäßig, teils jahreszeitlich-witterungsbedingt abwechselnd in den



a



b

Abb. 1.
Modellzeichnung für Störkörperanalyse (Talfüllung).
a) Isoanomalienverlauf mit positiver Anomalie durch nachgewiesene Talfüllung gestört.
b) Modellrechnung für verschiedene Störkörperformen.

verschiedensten Teilen von Österreich, wobei 1962 der Einsatz in den alpinen Aufsuchungsgebieten begann. Nach einer Unterbrechung 1973–1974, wurden die Feldmessungen 1975 wieder aufgenommen und bis 1979 weitergeführt.

Die Meßpunktdichte ist in den einzelnen Gebieten unterschiedlich. Sie reicht von 8 Punkten pro km² bis 0,1 Punkt/km². Die Verteilung und unregelmäßige Anlage der Stationspunkte ist nicht allein auf die in alpinen Bereichen schwierigen topographischen Bedingungen zurückzuführen, sondern ist auch in Abhängigkeit von der Wertigkeit des jeweiligen Aufsuchungsgebietes hinsichtlich der Explorationschancen zum Zeitpunkt der Messungen zu stellen sowie über die Art der Einstufung, ob Detail- oder Übersichtsstudien angestrebt waren.

Bei der Auswertung von Profil-Messungen im alpinen Bereich wurde unter anderem festgestellt, daß Messungen, die ausschließlich in Tälern gelegen sind, die Resultate verfälschen. Die Ursache liegt in den verschieden mächtigen Schotterablagerungen und den daraus resultierenden Dichteunterschieden dieser Lockermassen gegenüber dem Anstehenden. Deshalb wurde bei Profilmessungen, soweit es die topographischen Bedingungen zuließen, versucht, möglichst die Messungen im Anstehenden zu plazieren, um sichtbare Dichteänderungen zu vermeiden.

Durch eine möglichst regelmäßige und dichte Stationsverteilung kann jedoch bei der geologisch-geophysikalischen Auswertung dieser Einfluß bedeutend

besser erkannt, analysiert, zugeordnet und berücksichtigt werden. Wie Abbildung 1 zeigt, erfolgt die Analyse bei Talfüllungen durch Modellrechnung unter gleichzeitiger Dichtebeurteilung, welche ihrerseits wieder Rückschlüsse auf das Störkörperausmaß zuläßt und in letzter Konsequenz, bei einem geologisch-physikalisch vertretbaren Resultat durch Kompensation zur Erstellung einer neuen Bouguerkarte führt. Durch Modellrechnungen können auch verschleierte tektonische Elemente herausgefiltert werden (Abb. 1).

2.3. Messungen durch Kontraktoren

Die Vergabe von gravimetrischen Messungen an Fremdfirmen erfolgte 1981 an Prakla-Seismos, Hannover, und in zeitlich limitierten Intervallen zwischen 1982 und 1986 an Prof. Dr. P. STEINHAUSER, Wien. Als Meßinstrumente kamen zwei „La Coste Romberg Modell G“ bei Prakla und ein „La Coste Romberg Modell D, Mikrogal“ und zusätzlich ein „Modell G“ bei P. STEINHAUSER zum Einsatz. Durch die sprunghafte Entwicklung in der Vermessung, welche den Hauptanteil der gravimetrischen Feldaufnahme beinhaltet, konnte (z. B. durch elektronische Distanzmesser) die aufwendige Lage- und Höhenbestimmung der Feldpunkte reduziert werden. Hinsichtlich der angewandten Verfahren für die topographische Reduktion sei auf die Berichte Prakla-Seismos und P. STEINHAUSER sowie auf die Literaturangabe verwiesen.

Ab August 1982 wurden in das allgemeine Feldmeßprogramm Hubschraubermessungen miteinbezogen, die seit diesem Zeitpunkt standardmäßig zur Ausführung gelangen. Durch diesen Einsatz können vor allem Messungen im extremen Gelände vorgenommen werden, die eine bessere flächenhafte Überdeckung und als Endresultat eine genauere Isolinienführung gewährleisten. Als ausreichend noch vertretbar erwies sich im alpinen Bereich eine Meßpunktdichte von 11 Stationen auf 25 km².

Die beste bei terrestrischen Messungen erzielte Beobachtungsdichte in den Alpen durch den ÖMV-eigenen Meßtrupp lag bei einer Detailuntersuchung über eine Fläche von 750 km² bei 2,2 Stationen/km².

3. Meßgebiet

Die durch Gravimetermessungen erfaßte Fläche erstreckt sich West-Ost, von Feldkirch in Vorarlberg ausgehend, über Salzburg und Wien bis zur CSSR-Grenze. Diese Fläche schließt die Aufsuchungsgebiete, die im Laufe des Zeitraumes 1957-1986 an die ÖMV zur Kohlenwasserstoffsuche verliehen wurden ein, wobei diese Gebiete nun ihrerseits in geologische Zonen aufgeteilt sind (Abb. 2).

An dem außerhalb des Meßgebietes liegenden Kristallinsporn der Böhmisches Masse, entlang der südlichen Begrenzungslinie Passau - Linz - Krems - Znaim, schließt sich das Vortiefenbecken der Alpen mit der Molassezone an, deren Sedimente sich nach Süden unter die Flysch-Kalkapenüberschiebung fortsetzen. Der Molasse folgt als ein Gürtel der Breite bis zu 20 km die Flyschzone, die von Salzburg Richtung Wien streicht und hier nach Nordost zur CSSR-Grenze umschwenkt, und in diesem Abschnitt die Waschbergzone einschließt. In Westösterreich (Tirol, Vorarlberg) ist der Flysch nur in Vorarlberg anstehend vorhanden. Nach Süden grenzt an die Flyschzone die Kalkalpenzone, welche erstere gegen Norden überschiebt und als Streifen mit mittlerer Breite von 50 km von Vorarlberg bis Wien reicht. An den Flysch wie auch an die Kalkalpen schließt östlich von Wien das Wiener Becken als Einbruchsbecken innerhalb des Alpen-Karpatenbogens an mit seinen verschiedenen Stockwerken dem Neogen, den Flysch-Kalkalpen und den autochthonen Sedimenten.

Das Pannonische Becken liegt im Osten Österreichs und reicht von der tschechisch-ungarischen Grenze bis zur jugoslawischen Grenze. Die Ausläufer der Ostalpen bilden die westliche Grenze dieses Beckens im nördlichen Gebietsteil. Im südlichen wird sie von der südburgenländischen Schwelle gebildet, an die gegen Westen das oststeirische Becken anschließt. Die Zone Steiermark mit ihren Becken und dem jungtertiären Vulkanismus ist nicht vollständig von Messungen erfaßt, im Westteil das Kainacher Gosau Becken mit den Ausläufern der Koralpe aber voll überdeckt. Das letzte der Aufsuchungsgebiete umfaßt den Raum des Klagenfurter Beckens.

Aus der Gebietsverteilung ist ersichtlich, daß die Messungen ausschließlich die für den Kohlenwasserstoffaufschluß maßgeblichen Sedimentationsbecken umfassen und kristalline Gebiete ausgeschlossen sind.

Hinsichtlich Interpretation ist es vorteilhaft, nicht nur die laterale Meßgebietsverteilung bezüglich Geologie

und den damit in direktem Zusammenhang stehenden Dichteverhältnissen zu kennen, sondern auch Informationen über vertikale Schicht- und Dichteverteilung zu besitzen, worüber eine Vielzahl von Bohrdaten aus Tiefbohrungen, über das Meßgebiet verstreut, Auskunft geben. Bearbeitungen zeigten, daß sich laterale Dichteänderungen sehr deutlich im Bouguerbild widerspiegeln und bei genügender Meßpunktdichte eine genaue Kartierung der geologischen Zonengrenze erlauben.

4. Anordnung und technische Ausführung der Messungen

4.1. Schwere-Basisnetz

Um die Feldmessungen der verschiedenen Aufsuchungsgebiete zusammenzuführen und innerhalb derselben die Voraussetzungen von Anschlußpunkten zu schaffen, mußte ein Basispunktnetz zugrunde gelegt werden. Das erstellte Netz kann, der Nomenklatur der deutschen geodätischen Kommission zufolge, als Zwischennetz (Netz zweiter Ordnung) bezeichnet werden. Die Stationsabstände betragen durchschnittlich ca. 5,5 km (Abb. 3).

Mit der Anlage dieses Basisnetzes wurde im Jänner 1958 begonnen. Als Anschlußpunkt erster Ordnung stand der Pendelpunkt „Gloriette“ in Wien mit seinem Wert von 980.850,64 mgl auf Potsdam bezogen zur Verfügung, welcher vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen mit einem Fehler von $\pm 0,03$ mgl angegeben war. Die topographische Lage der Basispunkte ist nicht allein auf wissenschaftliche sondern vor allem auf explorationstechnische Bedürfnisse abgestimmt. Innerhalb des Netzes fanden künstliche Bezugshöhen Verwendung, die voraussichtlich keiner Niveauänderung unterworfen sind (Kirchenstufen, Brückenniveaus etc.). Die Dokumentation erfolgte im Karteikartensystem in Buchstabensymbolik und beinhaltet neben den verschiedenen Meßwert-Dokumentationen auch eine genaue Punktbeschreibung mit Photo und Skizze.

4.2. Technische Ausführung

Die Feld- und Basismessungen wurden von Juli 1957 bis Mai 1961 mit einem Askania Gravimeter Typ GS9 und anschließend mit einem Worden Master No. 588 und ab 1977 mit dem Worden Master No. 1042 durchgeführt. Bei sämtlichen Messungen wurde der Gezeiten- und Instrumentengang korrigiert. Die Eichung der Geräte Askania-Worden erfolgte auf der ÖMV-eigenen Meßstrecke am Mailberg mit 30 mgl Schweredifferenz. Erst mit dem Einsatz des Worden-Gerätes wurde die Eichstrecke des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Gloriette - Wr. Neustadt, Differenz 90 mgl benützt.

Die Basismessungen erfolgten fast ausschließlich in Schleifen und sehr selten in sternförmiger Anordnung, wobei die Sternmittelpunkte in den Schleifenausgleich miteinbezogen wurden. Der mittlere Fehler der das Gesamtnetz unterteilenden Schleifen lag bei 0,025 mgl, wobei die größte nicht unterteilte Schleife aus 21 Differenzmessungen bestand und einen Abschlußfehler von

ÜBERSICHTSKARTE DER ERDÖL - UND ERDGASHÖFFIGEN GEBIETE IN ÖSTERREICH

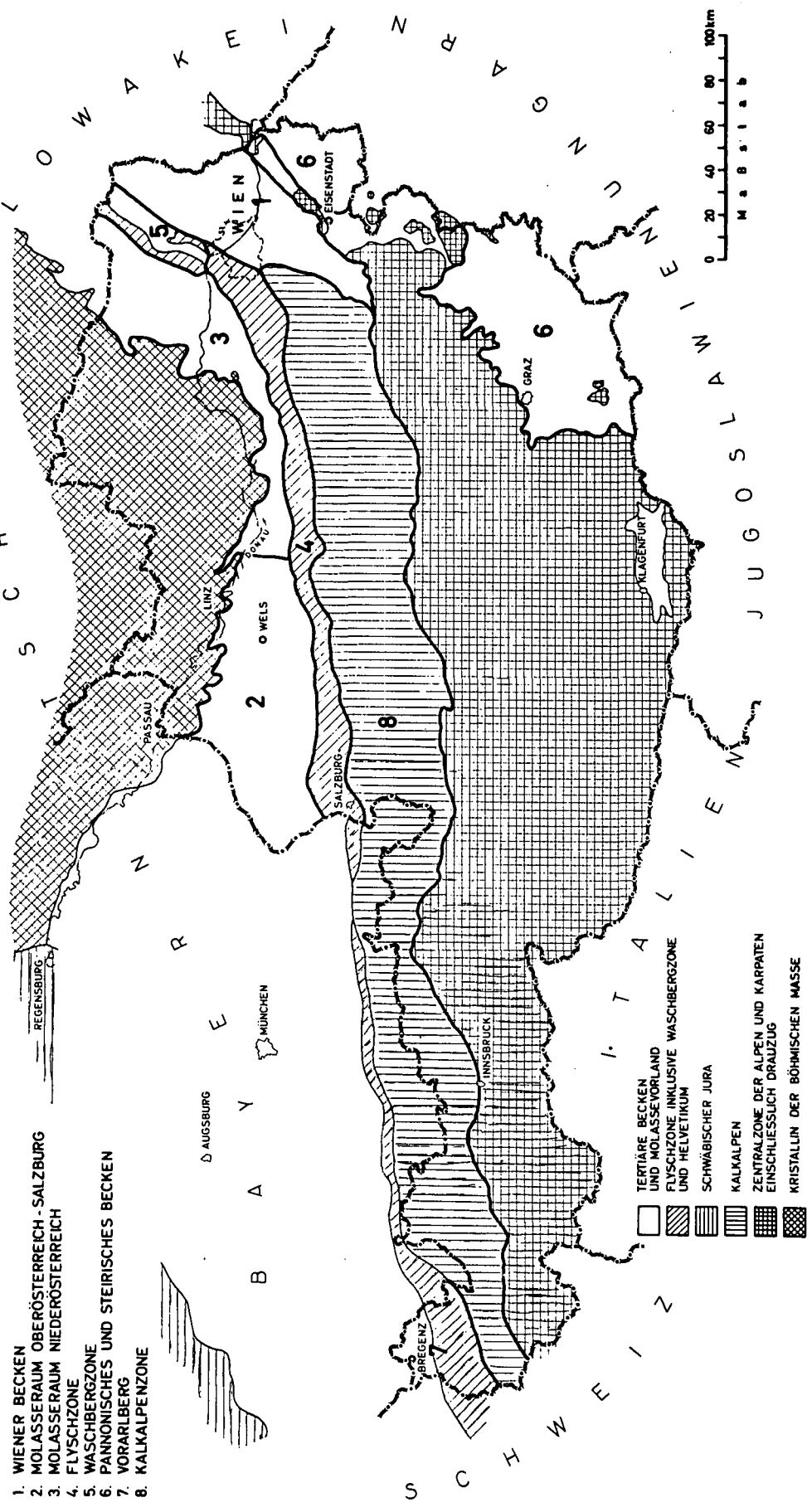


Abb. 2. Übersichtskarte der erdöl- und erdgashöffigen Gebiete Österreichs mit geologischen Zonen. Nach A. Kröll (1978).

0,05 mgl aufwies. Die Basischleifenwidersprüche wurden ausgeglichen.

4.3. Umrechnungen

Durch die Vergleichsmessungen auf der Eichstrecke des Bundesamtes konnte der Umrechnungsfaktor für Schweredifferenzen zwischen dem ÖMV- und dem Bundesamt-Niveau bestimmt werden. Um Schweredifferenzen der ÖMV auf die des Bundesamtes zu bringen, ist es notwendig, diese mit dem Faktor 0,996298 zu multiplizieren. Weiters muß bei Anschluß- oder Nachmessungen im ÖMV-Niveau die jeweilige Bezugshöhe berücksichtigt werden. Die Umrechnung Potsdamer System – ÖMV erfolgt mit dem Multiplikationsfaktor 1,003716.

5. Berechnung der Bouguer'schen Schwereanomalien

Die Berechnungsformel der Bouguerschwere, welche zur Erstellung von Bougueranomalien dient, setzt sich wie folgt zusammen:

$$\Delta g'' = -\gamma_0 + G_{\text{ÖMV}} + \delta g_{\text{NIV}} - \delta g_{\text{TOP}} + 980.256,800 C_{\text{ÖMV}}$$

$\Delta g''$ = Bougueranomalie
 γ_0 = Normalschwere
 δg_{NIV} = Freiluftkorrektur

δg_{PL} = Plattenkorrektur
 δg_{TOP} = topographische Korrektur
 $G_{\text{ÖMV}}$ = Gemessener Schwerewert ÖMV
 $C_{\text{ÖMV}}$ = ÖMV-interne Konstante; muß zu $G_{\text{ÖMV}}$ addiert werden.

Die Normalschwere wurde nach der internationalen Schwereformel (HEISKANEN & CASSINIS, 1930) bestimmt:

$$\gamma_0 = 978,049 (1 + 52884 \cdot 10^{-7} \sin^2 \varphi - 59 \cdot 10^{-7} \sin^2 2\varphi)$$

Für die Freiluftkorrektur wurde die Standard-Freiluftkorrektur

$$\delta g_{\text{NIV}} = (0,3086) \cdot H$$

verwendet.

Die Plattenkorrektur ist gegeben durch

$$\delta g_{\text{PL}} = -0,04196 \cdot \sigma \cdot H$$

Die topographische Korrektur ist bis 20 km berücksichtigt.

Folgende Änderungen ergaben sich seit 1981:

Die Normalschwereberechnung erfolgte nach der angegebenen internationalen Schwereformel 1930.

$$\gamma_0 = 978,049 (1 + 0,0528838 \sin^2 \varphi - 0,00000587 \sin^2 2\varphi - 0,00000003 \sin^2 \varphi \sin^2 2\varphi)$$

Für die Berechnung der Schwereabnahme mit der Höhe wurde von der ÖMV abweichend $-0,30855$ mgl/m als Vertikalgradient der Normalschwere angenommen und für die zwischen der Bezugshöhe und dem Gravitimeterpunkt liegende Gesteinsplatte wurde ein Bouguerfaktor von $0,04191$ mgl/m für die Dichte $D = 1,00 \text{ gcm}^{-3}$ zugeordnet. Für die Berechnung der Freiluftkorrektur steht:

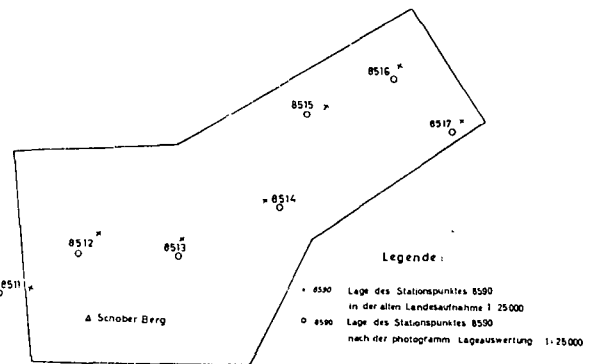
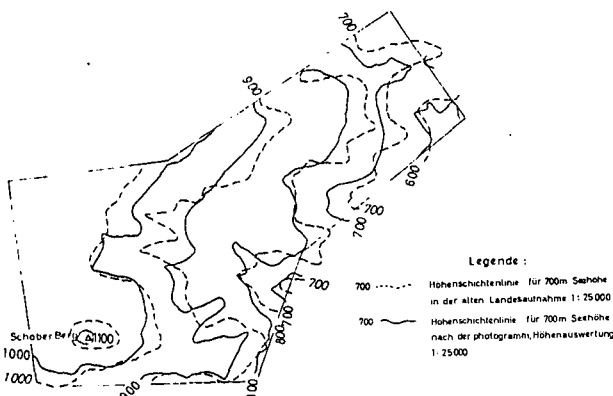
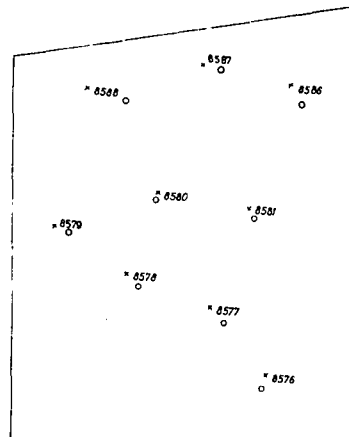
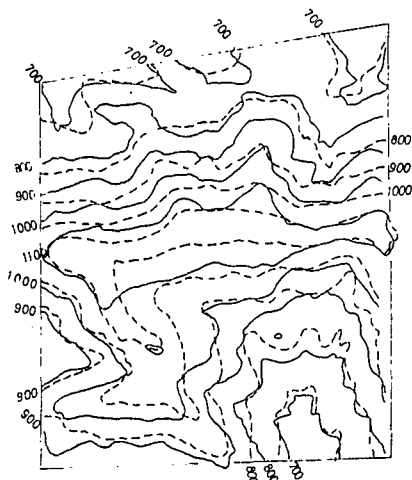


Abb. 4. Ausschnitte zum Isohypsen- (links) und Lagevergleich (rechts). Nach O. ECKL (1965).

$$\delta g_{NIV} = (0,30855 + 0,00022 \cos 2\Phi - 0,0072 h) \cdot h$$

um die Höhenabhängigkeit des Vertikalgradienten bei großen Höhendifferenzen zu berücksichtigen.

5.1. Topographische Messungen

Die topographische Festlegung der Feldpunkte und Basispunkte erfolgte von 1957–1962 auf Katasterverkleinerungen 1 : 10.000, im ÖMV Raster St. Stefan Blattschnitt 1600 m x 1250 m. Die Höhenaufnahme wurde mit den zu dieser Zeit verfügbaren Nivelliergeräten verschiedener Typen durchgeführt (Kern-Nivellier, Zeiß-Nivellier, Wild RDS Theodolit). Zur Auswertung der topographischen Korrektur fanden die Höhenwerte, entnommen aus der Karte der alten österreichischen Landaufnahme 1 : 25.000, Meßtischblättern, wie die Karten allgemein genannt wurden, Verwendung.

Die ersten Arbeiten im Wiener Becken ließen noch keine Bedenken gegen diese Kartenunterlagen aufkommen, da das Gelände relativ geringe Höhenunterschiede aufweist. Bereits 1960 traten im Alpenvorland, im Meßgebiet Pyhra erste Schwierigkeiten auf. Im Meßgebiet Scheibbs wurden jedoch beim Nivellement Höhenfehler in der topographischen Karte bis zu 80 m festgestellt. Auch die lagerichtige Eintragung der Stationspunkte stieß auf immer größere Schwierigkeiten (Abb. 4).

5.2. Luftbildauswertung

Ab Mitte 1950 begann das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen photogrammetrisch aufgenommene 50.000^{er} Kartenblätter neu aufzulegen. Überall dort, wo noch keine Neuaufnahme vorlag (Abb. 5), hat die ÖMV ihre eigene photogrammetrische Luftbild-Auswertung vorgenommen. Im Jahre 1962 erfolgte im Auftrag der ÖMV ein Bildflug über den Gebieten Türritz, Amstetten, Scheibbs und Kilb, ausgeführt vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Kopien des Bildmaterials im Maßstab 1 : 10.000 wurde dem Gravimetermeßtrupp zur Lageintragung übergeben. Hiermit erfolgte der Übergang von der Kataster- zur Luftbildeintragung des Meßpunktes, welcher sowohl der Höhe und Lage nach bei der photogrammetrischen Auswertung kontrolliert und Koordinaten-mäßig im Gauß-Krüger-System erfaßt werden konnte. Da die Meßpunkte nicht luftlichtbar waren (Erstellung derselben nach der Befliegung) betrug die Auswertegenauigkeit, welche flughöhenabhängig ist (4000–5000 m Flughöhe) der Höhe nach ± 1 m und lagemäßig bis zu 5 m.

Der Vorteil lag nicht allein in der vorher genannten Kontrolle, sondern vor allem bei der Planung, der Ausnutzung neuer Straßen und Wege, erschlossen durch die Forstaufschließung. Die Luftbildauswertung selbst wurde 1963 mit einem Stereotop-Luftbildauswertegerät begonnen. Zur Paßpunktbestimmung, für die Schich-

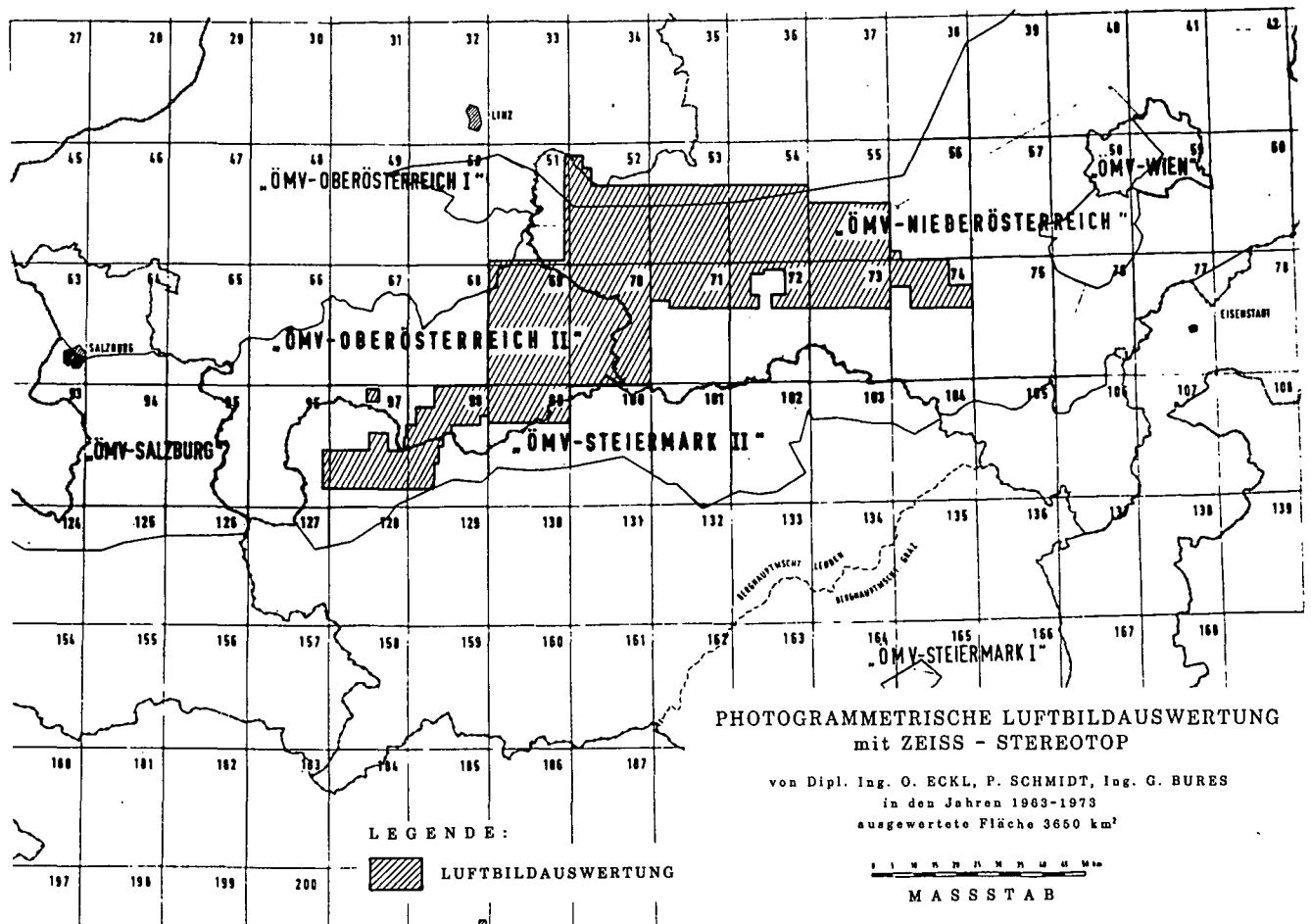


Abb. 5. Photogrammetrische Luftbildauswertung mit ZEISS-Stereotop.

tenlinienauswertung mußten Feldmessungen eingeplant werden, wobei ein Distomat DI 40 Wild zum Einsatz kam.

Nach Vervollständigung der 50.000^{er} Karten durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen erfolgten die notwendigen Kontrollen der Luftbildeintragen nur mehr mit diesen photogrammetrisch ausgewerteten Kartenunterlagen.

5.3. Geländekorrektur

Die genaue Erfassung der Geländekorrektur zählt zu den wesentlichsten und diffizilsten Arbeiten, mit deren Hilfe der Einfluß der Geländeunebenheiten eliminiert wird. Vor 1963 wurde die Nahwirkung bis 100 m mittels eines Nahwirkungsdiagrammes wie es die Firmen Prakla und Seismos verwendeten, aufgenommen. Die Wirkung von 100–1000 m (Mittelzone) sowie die der Fernzone wurde nach SCHLEUSENER berechnet, gewonnen aus den mittels einer Spinne entnommenen Höhendaten aus den Kartenunterlagen im Maßstab 1 : 25.000. Um den Tabellen zu entgehen und um eine Leistungssteigerung zu erreichen, bestand eine zu dieser Zeit wesentliche Verbesserung darin, den Korrekturwert mittels eines eigens hierfür konstruierten Rechenschiebers zu bestimmen.

Durch die aufgezeigte Diskrepanz zwischen den alten Kartenunterlagen und der Luftbildauswertung und aufgrund der Einbeziehung der elektronischen Datenverarbeitung nach Erstellung der dementsprechenden Programme für die topographische Korrektur wurden die im alpinen Bereich zu liegenden bereits vermessenen Gebiete neuerlich überarbeitet.

Eine Neuerung und Verbesserung – 1963 begonnen – stellte die Unterteilung der Korrekturbereiche in Dichtezonen dar, womit die Darstellung der Bougueranomalien nicht nur in den Einheitsdichten ($D = 2,0$ und $D = 2,67$) möglich war, sondern, neben jeder beliebigen

Dichte vor allem die wirklich vorhandenen Dichteverhältnisse berücksichtigt werden konnten. Die Dichtezonen gelten sowohl für den Fern- und Mittel- wie auch für den Nahzonenbereich und wurden aus Dichteprovinzkarten entnommen und abgespeichert (siehe Punkt 5.4.).

Vor der Programmierung der topographischen Korrektur unter Berücksichtigung der Dichtezonen mußte eine neue Zoneneinteilung getroffen werden. Die Festlegung der topographischen Korrektur für die Fernzone (2600 m bis 20 km) erfolgte nach 2 Tests aus 2 Meßgebieten unter verschiedenen topographischen Extrembedingungen mit der Radienwahl von 10 und 20 km. Obwohl die Bereichserweiterung nur geringe Unterschiede in der Wirkung auf die Isolinienführung aufzeigte, wurde zugunsten des 20 km-Bereiches entschieden. Für die Fernzone liegt ein Grid von 1 km Seitenlänge zugrunde, wobei Höhe und Dichte diesem zugeordnet sind.

Die Mittelzone, deren Bereich zwischen 100 und 2600 m liegt, wird bis 800 m aus 8 Sektoren gebildet und bis 2600 m aus 12 Sektoren. Für jedes dieser Segmente konnten Höhe und Dichte über eine tape punch unit sofort auf Lochstreifen zur Weiterverarbeitung eingegeben werden. Dasselbe gilt für den Nahwirkungsbereich bis zu 100 Meter. Um die Korrekturbeträge in diesem möglichst klein, vor allem aber definierbar zu halten, mußte bei der Anlage der Meßstationen darauf Rücksicht genommen werden. Die topographische Korrektur wurde somit fast ausschließlich computerunterstützt durchgeführt. Abb. 6 zeigt das Verhältnis der durchschnittlichen top-Korrektur zur Seehöhe auf.

5.4. Ermittlung der Dichteverteilung

Die notwendigen Unterlagen für die Unterteilung in Dichteprovinzen resultieren aus gravimetrisch gewonnenen Dichteuntersuchungen mittels 48 Nettletonprofi-

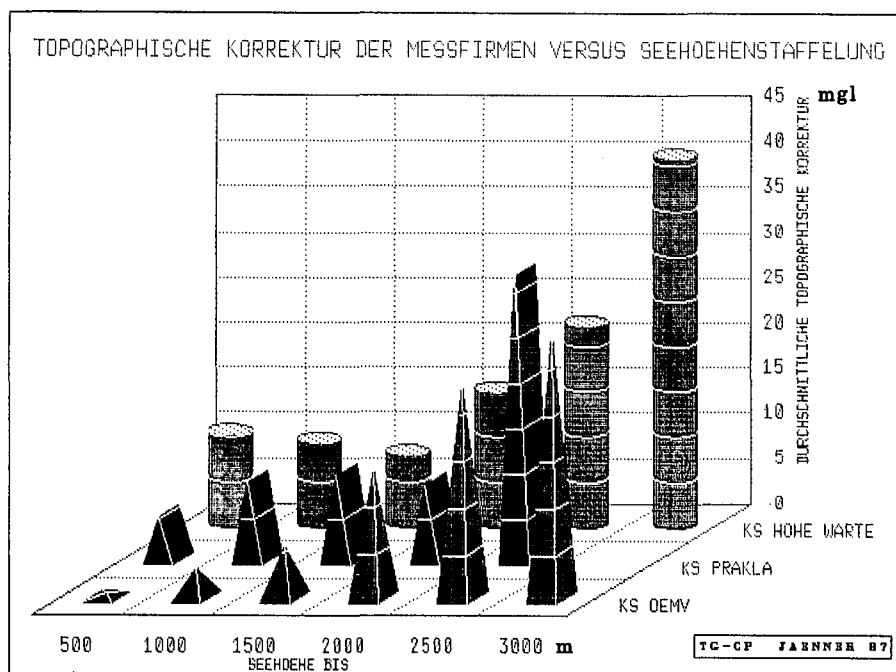


Abb. 6. Topographische Korrektur der Meßfirmen [mgal] versus Seehöhenstaffelung [m].

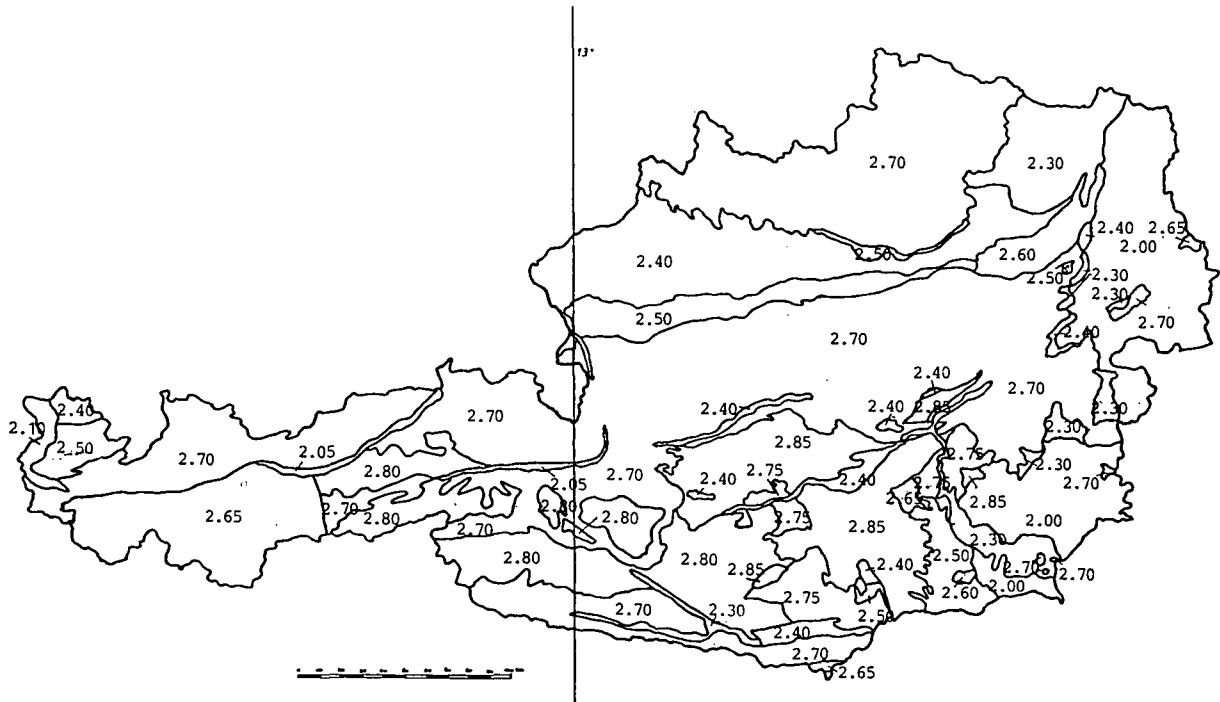


Abb. 7.
Dichtemodell von Oberflächengesteinen in Österreich.

len und über 2000 Handstückproben, die aus den einzelnen Meßgebieten mit verschiedener Stratigraphie stammen. Aus dieser recht guten flächenhaften Verteilung und unter Analogieschluß mit der mit den Messungen zusammenfallenden Geologie konnte eine Dichteverteilungskarte erstellt werden. Für eine genaue Dichtezuordnung fanden noch andere Verfahren, wie jenes von H. LINSER oder IVANHOE Verwendung, nicht zu vergessen sind Resultate aus diversen geologischen Kartierungen. Die Dichteverteilungskarte von Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, dem Burgenland und Steiermark-Kärnten wurden im Westen Österreichs durch Messungen von P. STEINHAUSER und G. WALACH in Vorarlberg, Tirol und in Teilbereichen von Salzburg und Steiermark ergänzt (Abb. 7). Zur Erfassung der vertikalen Dichteverteilung wurden Dichte- bzw. Raumgewichtsbestimmungen an Bohrkernen verschiedener Tiefbohrungen vorgenommen.

Für die einzelnen geologischen Zonen ergeben sich folgende Dichtemittelwerte

- Molasse $D = 2,40$
- Flysch $D = 2,50$ (W-Österreich)
 $D = 2,60$ (E-Österreich)
- Kalkalpen $D = 2,70$
- Wr. Becken und Pannonisches Becken, Burgenland und Steiermark $D = 2,00$

Da die Dichteuntersuchungen betreffend Anomalie hinsichtlich der Topographie von großer Bedeutung für die Zuordnung und Interpretation sind, ist weiters auch ein Zusammenfassen von Isogammenkarten verschiedener Dichte für eine kombinierte Darstellung wünschenswert. Es wurde deshalb zur Zusammenführung von Dichtezonen eine zeichnerische Lösung dieses Problems von H. KITTEL ausgearbeitet.

6. Statistik

6.1. Arbeitsaufwand

Der Personalstand des ÖMV-Trupps schwankte je nach Meßbedingungen und den Geräten die zum Einsatz kamen, zwischen 10 und 19 Mann, wobei zu berücksichtigen ist, daß ab 1963 die magnetische Vermessung (Vertikalintensität) im Rahmen des Gravimetertrupps miterfolgte. Dies ergibt einen mittleren Personalstand von 14,5 Mann. Bei den Fremdfirmen liegt die Streubreite zwischen 7 und 15 Mann.

Im Zeitraum von 1957–1986 ergeben sich

6.2. Meßpunkte (Neupunkte, Fläche)

- ÖMV: 54.792.
- Im Auftrag der ÖMV
Fa. Prakla-Seismos: 1.244.
Prof. STEINHAUSER: 3.109.

Die Fläche des vermessenen Gebietes beträgt 30.340 km², daher 36,2% im Vergleich zu der Gesamtfläche Österreichs mit 83.850 km².

Prof. Steinhauser Fa. Prakla

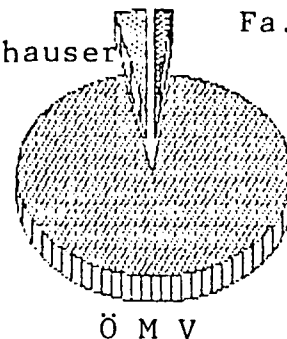


Abb. 8.
Aufteilung der Meßpunkte.

6.3. Statistik Basispunkte

In der gesamten Meßzeit 1957–1986 wurden als Basispunkte vermessen:

- ÖMV Basispunkte: 678.
 - Im Auftrag der ÖMV:
 - Prof STEINHAUSER: 34.
 - Prakla-Seismos: 10.
- Gesamt: 722 Punkte.

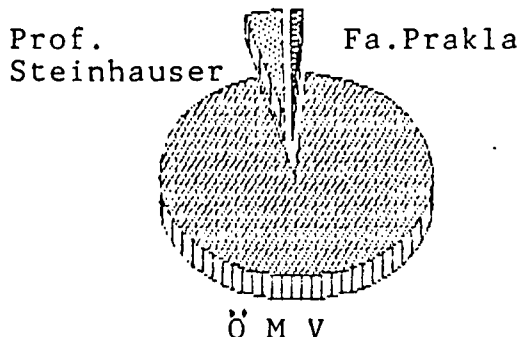


Abb. 9.
Aufteilung der Basispunkte.

6.4. Verteilung der Stationspunkte

Alpen: 55 %.
Restliche Meßgebiete: 45 %.

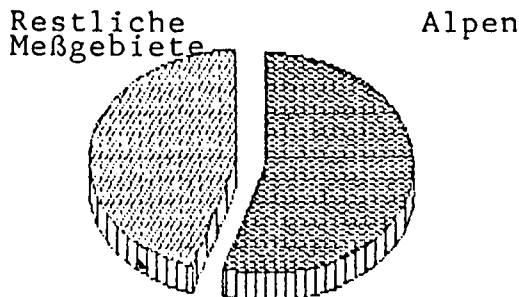


Abb. 10.
Verteilung der Stationspunkte.

7. Geologische Interpretation

7.1. Allgemeines

Die Interpretation beinhaltet die Umsetzung des ermessenen Datenmaterials in geologische Überlegungen und setzt sich aus Dichteuntersuchungen einerseits und dem rein mathematischen Verfahren wie Schweregradientenbestimmung der Restschwere, den diversen Ableitungen, Feldfortsetzungen, Modellrechnungen und der Einbindung aller verfügbaren geologischen und geophysikalischen Daten zusammen.

Dichteuntersuchungen sind für die top-Korrektur, die Bestimmungen lateraler Faziesänderungen und Untersuchung von Talfüllungen von grundlegender Bedeutung, da Dichteunterschiede wesentlich das Bouguerbild beeinflussen. Dichteuntersuchungen gewinnen jedoch noch mehr Wert wenn es darum geht, innerhalb der Interpretation Anomalien und Strukturstudien durchzuführen und die Ergebnisse derselben durch diverse geeignete Modelle zu verifizieren. Anomalien innerhalb einer Fazies können sowohl auf strukturelle Bedingungen als auch auf Dichteinhomogenitäten hinweisen, wobei iterativ die Einbeziehung von Petrographie einerseits und Frequenzgehalt und Periodenlänge der zu untersuchenden Elemente andererseits, einen Ausschließungsprozeß beinhaltet.

Anomalienscharungen werden meistens mit tektonischen Störungen in Zusammenhang gebracht. Besondere Anordnungen von solchen in Verbindung mit flachen Strukturen geben bei dementsprechender Meßdichte sogar Auskunft über die Art der Störung, z. B. ob ein Bruch syn- oder antithetisch ist.

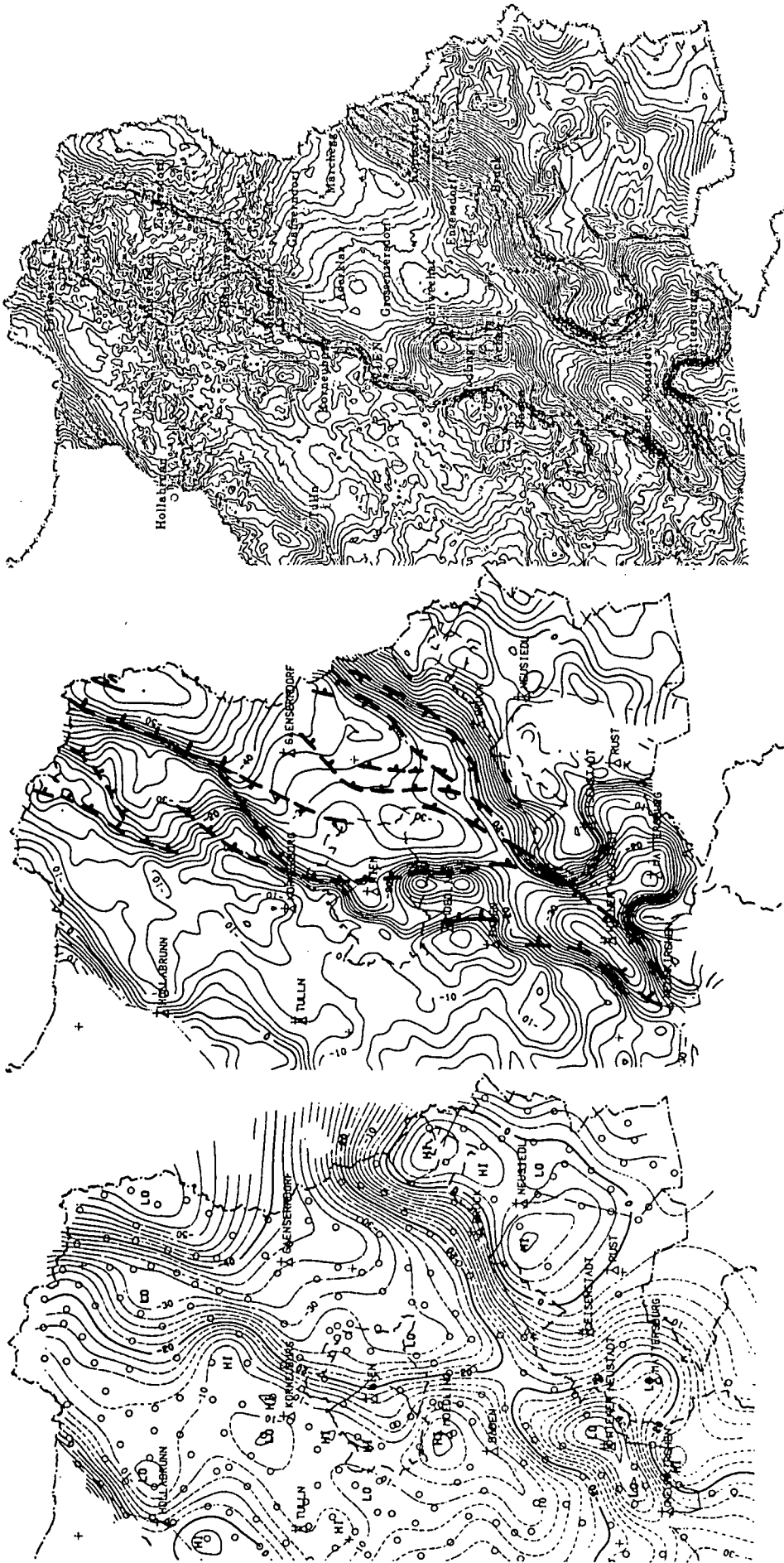
Trotz Komplexität der gravimetrischen Interpretation aufgrund der äquivalenten Störungsmassen zeigen Ergebnisse von Bohrungen, geologische Untersuchungen und Bohrlochmessungen eine vertikale Dichteverteilung, Schichtfolgen und deren Mächtigkeiten an. Dadurch beschränken sich die Möglichkeiten, unendlich viele Betrachtungen zu behandeln. Bei Berücksichtigung aller vorgenannter Parameter bei der Interpretation wird der Definitionsbereich sehr eng und es ist bei hinreichenden Unterlagen möglich, Tektonik, Strukturen, Tiefenlage und unter gewissen Voraussetzungen die Stratigraphie zu interpretieren. In den folgenden Kapiteln wird versucht, die im Bouguerbild auftretenden Anomalien und deren Verhalten im Zusammenhang mit der Geologie zu deuten. Da jede kleine auftretende Anomalie einen eigenen Problembereich beinhaltet, sollen nur die regionalen Anomalien betrachtet, Detailanomalien aber ausgeklammert werden.

7.2. Regionalbetrachtung

7.2.1. Bouguerschwere Basispunkte (Tafel 1)

Die Bouguerschwere Störung der Dichte 2,67 ist, wie die vorliegende Karte zeigt, sehr stark von der Stationsverteilung und Stationsdichte abhängig, welches sich in der Isanomalienführung zwischen dem westlichen und dem östlichen Gebietsteil widerspiegelt. Es lassen sich jedoch Großstrukturen und Tektonik in Form von ausgeprägten positiven und negativen Anomalien und Scharungen gut erkennen. Den unter Pkt. 3 besprochenen geologischen Zonen folgend, tritt vor allem der im Norden liegende Sporn der Böhmisches Masse in Form einer ausgeprägten positiven Anomalie, im Bereich von Melk ihr Maximum erreichend, deutlich zu Tage. Obwohl dieses Gebiet von der Kohlenwasserstoffsuche auszuschließen ist, erscheint hier eine kritische Betrachtung hinsichtlich der Schwereverteilung innerhalb des Böhmisches Massivs erwähnenswert.

Im östlichen Gebietsteil pflanzt sich die vorgenannte positive Anomalie von Melk in Richtung Nord, unter



c

b

a

Abb. 12.
 Verschiedene Darstellungsarten der Bouguerschwere.
 a) Darstellung mit Basispunkten.
 b) Darstellung sämtlicher Meßpunkte mit Ausschcheidung der wichtigsten geologischen Brüche.
 c) Darstellung mit dem MBB-Programmpaket; Äquidistanz 0,5 mgal.

Einbeziehung der Ausbuchtung bei Hollabrunn, fort (siehe alte Reichsaufnahme 1941 und Schwerekarte von Österreich E. SENFTL, 1965). Das Schwereverhalten gegen Osten an das Moravikum anschließend, ist auf die hier verbreitete Molasse zurückzuführen. Gegen Westen über Linz hinaus in Richtung Schärding, im Moldanubischen Teil, tritt jedoch ein Schwereunterschied von über 40 mg/l auf. Diese Erscheinung überrascht, da Dichteuntersuchungen entlang des Südrandes der Böhmisches Masse Unterschiede nur im 0,01 g/cm³-Bereich ergeben haben. Dieselben waren Voraussetzung, um Abschätzungen bezüglich der Tiefe des unter die Molasse, Flysch und Kalkalpen eintauchenden Kristallins durchführen zu können. Überlegungen und Kalkulationen, betreffend die negative Anomalie des westlichen Böhmisches Massivs haben ergeben, daß hier wahrscheinlich eine Mächtigkeitsreduzierung von Material mit höherer Dichte im Bereich Freistadt und eine Unterlagerung mit Material geringerer Dichte vorliegt.

Der die Böhmisches Masse umschließende ungestörte Molasseraum zeichnet sich größtenteils durch ein Zwei-Schichtproblem (definierbar als Sedimente der Molasse und des Kristallins) so aus, daß etliche größere und kleinere negative Anomalien direkt als Becken verschiedener Tiefe angesprochen werden. Hochzonen trennen diese Becken, welche durch reliefartige, vorgeschobene Ausläufer des eintauchenden kristallinen Untergrundes hervorgerufen werden. Dem westlichsten Becken von Griebkirchen folgen das von Wels, das zwischen Steyr und Linz (Fernbach) liegende und jenes westlich von Perg.

Verfolgt können die ausgeschiedenen positiven und negativen Anomalien sowie Tektonik auch in Abb. 11 werden, wo sie mittels Symbolen separat herausgehoben wurden. Durch eine Achsendarstellung wird den einzelnen Anomalien Richtung und Größe zugeordnet. Von einer Symbolisierung regional kleiner Anomalien (ausgehend von Tafel 1) wurde Abstand genommen, da dieselben nicht, oder nur schwach belegt sind.

Weiter gegen Osten treten die Becken südwestlich Amstetten, östlich St. Pölten sowie des Raumes Tulln und Hollabrunn in Erscheinung. Gegen Nordwesten sind die letztgenannten verschieden vom Anomalienbild her begrenzt. Das Tullner Becken ist in eine regional großräumige positive Anomalie eingebettet. Der Beckenrand im Westen wird durch eine gegenüber dem Hollabrunner Becken vorgeschobenen Sporn gebildet, der gegen Südosten verflacht und ein bestimmendes Element darstellt. Die gegen Westen versetzte Begrenzung des Hollabrunner Beckens bildet eine deutliche Anomaliencharung nördlich Hollabrunn gegen Nordost streichend, die mit dem Mailberger Abbruch zusammen fällt.

Besonders ausgeprägt sind die in Verbindung mit Tektonik auftretenden Anomaliencharungen im östlichsten Gebietsteil, dem nördlichen und südlichen Wiener Becken, in dem nicht nur regional die übergeordneten Brüche zugeordnet, sondern auch regionale Anomalien angegeben werden können. Die Scharungen markieren folgende Bruchsysteme: Im Westteil des Beckens nördlich Gänserndorf den Steinbergbruch mit den gegen Süden angeordneten Ablösebrüchen; den Bisambergbruch nördlich Wien; südlich hiervon den Leopoldsdorfer Bruch und im Ostteil des Beckens den Kopfstettner- und Engelhartstettner Bruch, hier zu einem Bruchsystem zusammengefaßt. Deutlich erkenn-

bar gegen Südwesten anschließend sind die Bruchbegrenzungen des Teilbeckens von Wiener Neustadt. Die wesentlichsten geologisch kartierten Brüche wurden in Abb. 12 und 15 als direkter Vergleich zu der Anomalienführung in die Bouguersche Schwerekarte eingebracht. Wie sich durch verschiedene Darstellungsarten die einzelnen Bruchsysteme abbilden, ist in den Tafeln 2 und 3 verdeutlicht und in Abb. 12 zusammengefaßt aufgezeigt.

Zu den markanten, durch die Basispunkte erfaßten positiven Anomalien des Wiener Beckens gehört jene von Aderklaa, welche nordöstlich von Wien beginnend, sich in Richtung Beckenmitte, über Schönkirchen und Gänserndorf als positiver Anomalienzug fortsetzt. Die auf diesem Anomalienzug liegenden Anomalien werden dem zentralen Hochzonenbereich des Wiener Beckens zugeordnet. An diese sind die Öl- und Gasfelder der vorgenannten Ortschaften gebunden. Im südlichen Beckenbereich, nordwestlich von Bruck a. d. Leitha liegt die positive Nase von Enzersdorf, an die ebenfalls Kohlenwasserstoff-Führung gebunden ist. Mit minus 56 mg/l wird im nördlichen Bereich östlich des Steinbergbruchs zur tschechischen Grenze hin der tiefste Wert des nördlichen Wiener Beckens erreicht. Die negativen Anomalien desselben sind nicht einheitlich, sondern gegeneinander versetzt (Abb. 11). Eine Anomalienchwelle zwischen Mödling und Eisenstadt bildet die Trennung zum südlichen Wiener Becken hin, welches aus 2 negativen Anomalien besteht; jener von Wiener Neustadt SW-NE und, der von Mattersburg NW-SE streichend.

Eine sehr deutliche negative Anomalie ergibt sich im Norden, dem Steinbergbruch im Westen vorgelagert, auf der Mistelbacher Hochscholle. Diese negative Anomalie ist insofern von Bedeutung, da es scheint, als sei diese in derselben Weise wie das Hollabrunner Becken gegen Westen verschoben.

Der Übergang in das pannonische Becken des Burgenlandes und das der Steiermark ist gekennzeichnet durch die trennenden Elemente von positiven Anomalien, welche dem Ausläufer der kleinen Karpaten, dem anschließenden Leitha- und Rosaliengebirge einerseits, andererseits im Süden bei Güssing der südburgenländischen Schwelle zugeschrieben werden.

Der Flysch-Kalkalpenbereich wird durch die dominierende, den gesamten Alpenbereich einnehmende regionale negative Primäranomalie, welche von Westen bis zur Mitte des Kartenblattes grob West-Ost streicht und im östlichen Teil Südwest-Nordost umschwenkt, beherrscht. Überlagert wird diese Primäranomalie von regionalen positiven und negativen Sekundäranomalien mit Ausdehnungen zwischen 20 und 40 km, wobei die positiv markantesten hiervon die am Kalkalpen-Nordrand, im Bereich Salzburg, Gmunden Süd, Steyr Süd und Kufstein Ost sind (siehe Tafel 1). Begrenzt werden diese durch Störelemente, die im Gravimeterbild oft als negative aneinander gereihete Anomalien auftreten. Diese positiven Sekundäranomalien sind auf Grundgebirgsstrukturen zurückzuführen, wobei Kalkulationen Tiefenbereiche zwischen 5000 und 7000 m auswiesen. 20 km südlich Scheibbs (westlich Maria Zell) tritt eine weitere positive Anomalie von 30 km Ausdehnung, SW-NE streichend, innerhalb der regional negativen Primäranomalie, welche Richtung Lilienfeld streicht, in Erscheinung. Ihre Tiefe wurde mit 4800 m ausgemessen (Regionalanomalie von Neuhaus). Im Osten des Kalkalpenbereichs, vor dem Abbruch ins Wiener Bek-

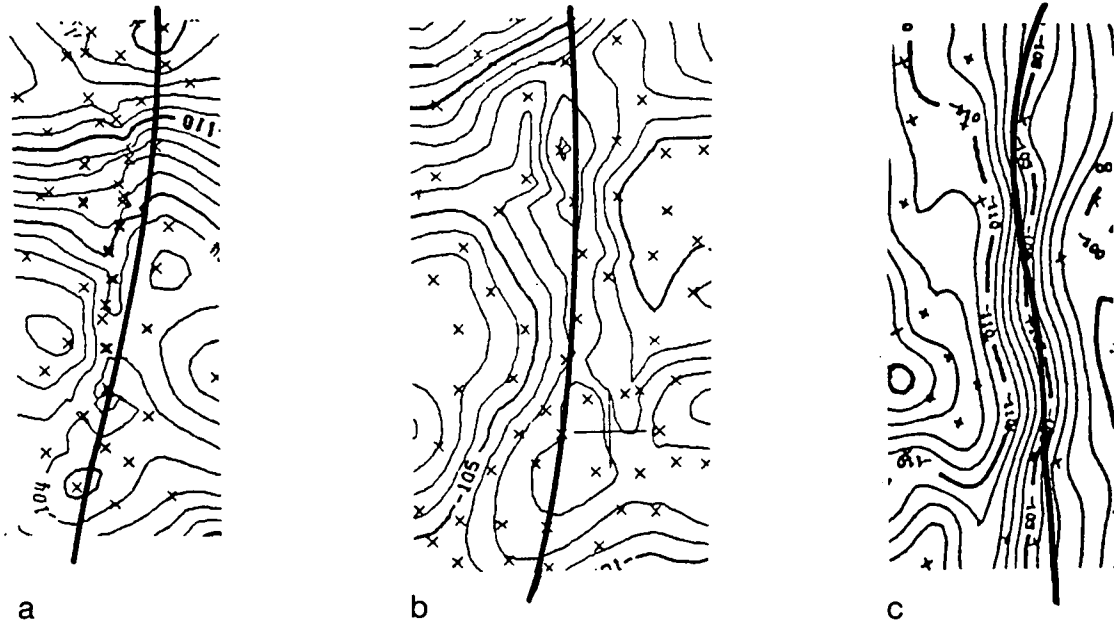


Abb. 13.
Lineamente im Vergleich mit Anomalienverlauf.
a + b senkrecht zum Anomalienstreichen, c parallel dazu.

ken bei Mödling und Baden diesen vorgelagert, liegt die östlichste der regionalen positiven Anomalien.

Der westlichste Kartenteil, der Tirol/Vorarlberg beinhaltet, ist durch eine Ost-West streichende Anomalienführung ausgezeichnet, läßt jedoch eine deutliche Pa-

rallelversetzung des gesamten Anomalienblocks östlich von Imst erkennen. Dieser Versatz fällt mit dem Lineament der Satellitenphotoauswertung nach A. TOLLMANN, der Loisach Störung zusammen. In der Aeromagnetik ergibt sich hier eine Lination von Minima in SW-NE-

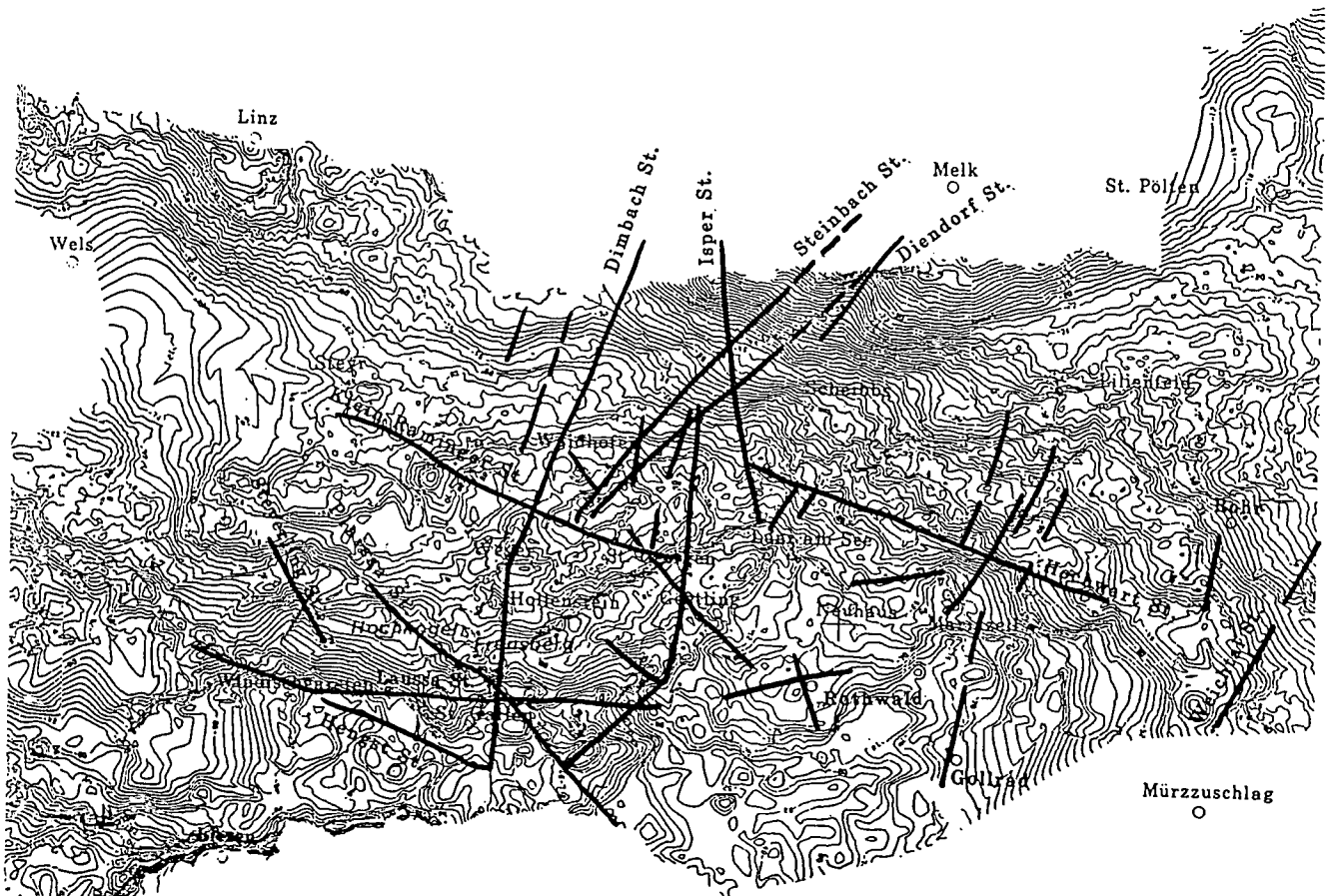


Abb. 14.
Vergleich der ausgewerteten Lineamente nach A. TOLLMANN (1977) mit der Bouguer'schen Schwerestörung aus Tafel 3.

Richtung streichend, die von R. PUCHER und A. HAHN beschrieben wird. Vergleiche zwischen Lineamentauswertung und Gravimeterauswertung, wurden auch nach den Satellitenbilddaten von C. L. KOBER (die 1981 im Auftrage der ÖMV erfolgte) und M. F. BUCHROITHNER (Landsat Bildlineamente von Österreich) durchgeführt.

Eine Lineamentbegehung im Gelände erfolgte durch F. MARSCH (1986) in Tirol. Lineamente, die sich in Topographie, Morphologie oder Hydrographie widerspiegeln, können teilweise durch gravimetrische Interpretation, vor allem durch Modellrechnung, selektiert werden. Dadurch kann entschieden werden, ob es sich um Störungen (Tektonik) oder um einen der vorgenannten Einflüsse handelt. Im folgenden Beispiel (Abb. 13) wurde bei 3 Lineamenten der Nachweis erbracht, daß es sich bei a um eine Störung senkrecht zum Anomalienstreifen, in b um eine Dichteunregelmäßigkeit und in c um einen tektonischen Einfluß parallel zum Anomalienstreifen handelt. Abb. 14 zeigt einen Vergleich der ausgewerteten Lineamente nach A. TOLLMANN mit der Bouguer'schen Schwerestörung aus Tafel 3. Hierbei fällt auf, daß eine Vielzahl der Lineamente mit den Anomalien der Gravimeterauswertung korrespondieren, vor allem im Norden, im Molasse-Flysch-Bereich. In der Kalkalpenzone ist die Zuordnung schwieriger, es treten jedoch immer wieder Andeutungen an Anomalienrändern und Anomalienzügen auf. Sehr deutlich hingegen tritt im Bereich St. Georgen ein Versatz der Isolinien-scharung auf, der mit der Göstling-Störung in Zusammenhang steht.

Aus den aus Tafel 1 gezogenen Schlußfolgerungen können noch keine Details – wie sie in der Erdölexploration gefordert werden – abgeleitet, aber bereits Aussagen überregionaler Art, Zuordnungen und Abschätzungen getroffen werden.

7.2.2. Bouguerschwere sämtlicher Meßpunkte

(Tafel 2)

Diese gegenüber Tafel 1 bedeutend detailliertere Darstellung gibt zur Zeit den letzten Stand der Bouguer'schen Schwerestörung, errechnet aus sämtlichen Meßpunkten, wieder. Es wird bei den folgenden Betrachtungen auf die Tafel 2 und einen Ausschnitt daraus mit topographischen Bezugspunkten (Tafel 3) zurückgegriffen. In letzterer wurde absichtlich, durch Wahl eines anderen Gridoperators, auf den „Smoothing-Effekt“ verzichtet. Durch die Maßstabsänderung konnte auch eine geringere Äquidistanz der Isolinien gewählt werden. Diese Änderungen ermöglichten es, die Störellemente und Anomalien differenzierter darzustellen. Diese detaillierten Unterlagen werden zum Vergleich bei der Interpretation herangezogen, vor allem hinsichtlich der geologischen Überlegungen, der Lineamentvergleiche und der seismischen Ergebnisse. Die markantesten Änderungen gegenüber der Tafel 1 werden anschließend aufgezeigt und neu hinzukommende Elemente in die Betrachtungen miteinbezogen. Aufgrund des umfangreichen Datenmaterials kann auch hier nur eine partielle Behandlung erfolgen.

Im Osten, im Bereich Wiener Becken und Molasse, sei als Beispiel für die Tektonik die differenziertere Scharung der Isolinien hervorgehoben und das Auffiedern derselben mit ihren Richtungsänderungen. Wiedergegeben in Tafel 3 und Abb. 15 wird nicht nur ein Vergleich mit den einzelnen Störungssystemen und den

Anomalien, sondern es werden diese wieder im Zusammenhang mit den Öl- und Gasfeldern betrachtet. Bei Beurteilung des Isolinienverlaufes hinsichtlich Kohlenwasserstoffakkumulation sind Richtungsänderungen an Bruchsystemen, Verflachungen und Ausklingen solcher, oft verbunden mit Struktur- und Fallenbildung. Im Nordosten des Meßgebietes, westlich Poysdorf, treten, erkenntlich an der Isolinien-scharung, der Falkensteiner Bruch und der Schrattenbergbruch deutlich hervor.

Die markanteste Scharung, jene des Steinbergbruchs bei Zistersdorf, fiedert sich bei Pirawarth Richtung Wolkersdorf, gekennzeichnet durch Versetzungen und Richtungsänderungen, derart auf, daß deutlich die Anordnung eines Kulissenbruchsystems sichtbar wird.

Alle an dieses Bruchsystem gebundenen Kohlenwasserstoff-Felder (Pirawarth, Hochleiten) zeigen in der Isolinien-Scharung Richtungsänderungen an. Im Bereich westlich Wolkersdorf stößt der Bisambergbruch, von Süden kommend, gegen Norden nach Nordosten umschwenkend in Richtung Mistelbach vor und zwingt die NW-SE-verlaufenden Isolinien-scharungen zu Richtungsänderungen. Die unter 7.2.1. beschriebene negative Anomalie der Mistelbacher Hochscholle zeigt im Norden südöstlich Poysdorf, zwischen dem Schrattenberger und dem Steinbergbruch, eine ausgeprägte positive Anomalie von 8 km in ihrer Achsenrichtung. Im Anschluß an diese treten vor allem im Bereich innerhalb westlich und östlich des Steinbergbruchs Isolinienknicken mit Scharungen auf, an deren Flanken auf der SW-Seite die Felder St. Ulrich-Hauskirchen, auf der NE-Seite das Feld Mühlberg liegen. Im südlichen Bereich der Mistelbacher Hochscholle treten vermehrt Isolinien-scharungen NW-SE-verlaufend auf, die einerseits an das bereits erwähnte Kulissenbruchs-system anstoßen, andererseits, über den Steinbergbruch hinweg, teilweise in den zentralen Beckenteil hinein weiter verfolgt werden können. Innerhalb des zentralen Wiener Beckens verläuft südlich von Gänserndorf und östlich Großenzersdorf der Markgrafenrieder Bruch. Dieser streicht dabei an die positive Anomalien-nase Aderklaa nördlich Großenzersdorf heran. Er ist durch einen Anomalienversatz erkennbar und wurde mittels Isogradientendarstellung (Abb. 16) herausgearbeitet.

Im Osten, bei Marchegg, finden sich der Kopfstettner und der Engelhartstettner Bruch, durch bessere Auflösung getrennt erfaßt. Deutlich erkennbar ist das Leopoldsdorfer Bruchsystem mit seiner Anomalien-scharung zwischen der positiven Achau-Laxenburger Anomalie und dem Schwechater Minimum. An das Schwechater Minimum schließt im Osten der von Süden in den zentralen Beckenteil ragende Sporn von Enzersdorf an, welcher die negative Anomalie Schwechat von der im Nordosten anschließenden trennt.

Im Kalkalpenbereich, zwischen Feldkirch in Vorarlberg und Mödling bei Wien, ergeben sich gegenüber der Tafel 1 deutliche Unterschiede in der Isolinienführung. Im Westen, z.B. bei Bludenz, ergibt sich eine großräumig ausgedehnte Anomalie, die durch positive und negative Sekundäranomalien überlagert wird. Die negative Sekundäranomalie, die den Anomaliencharakter der primären Anomalie verstärkt, ist auf die quartären Ablagerungen im Ill-Tal zurückzuführen. Aus der regionalen Primäranomalie mit ihrem Kern bei Bludenz entwickelt sich eine Streichrichtung NE bis E und verläuft in ihrem östlichen Teil, dem nördlichen Rand der Kalkalpen folgend, im Flysch. Gegen Südosten schließt ein markanter positiver Anomalienzug an, dessen Nase

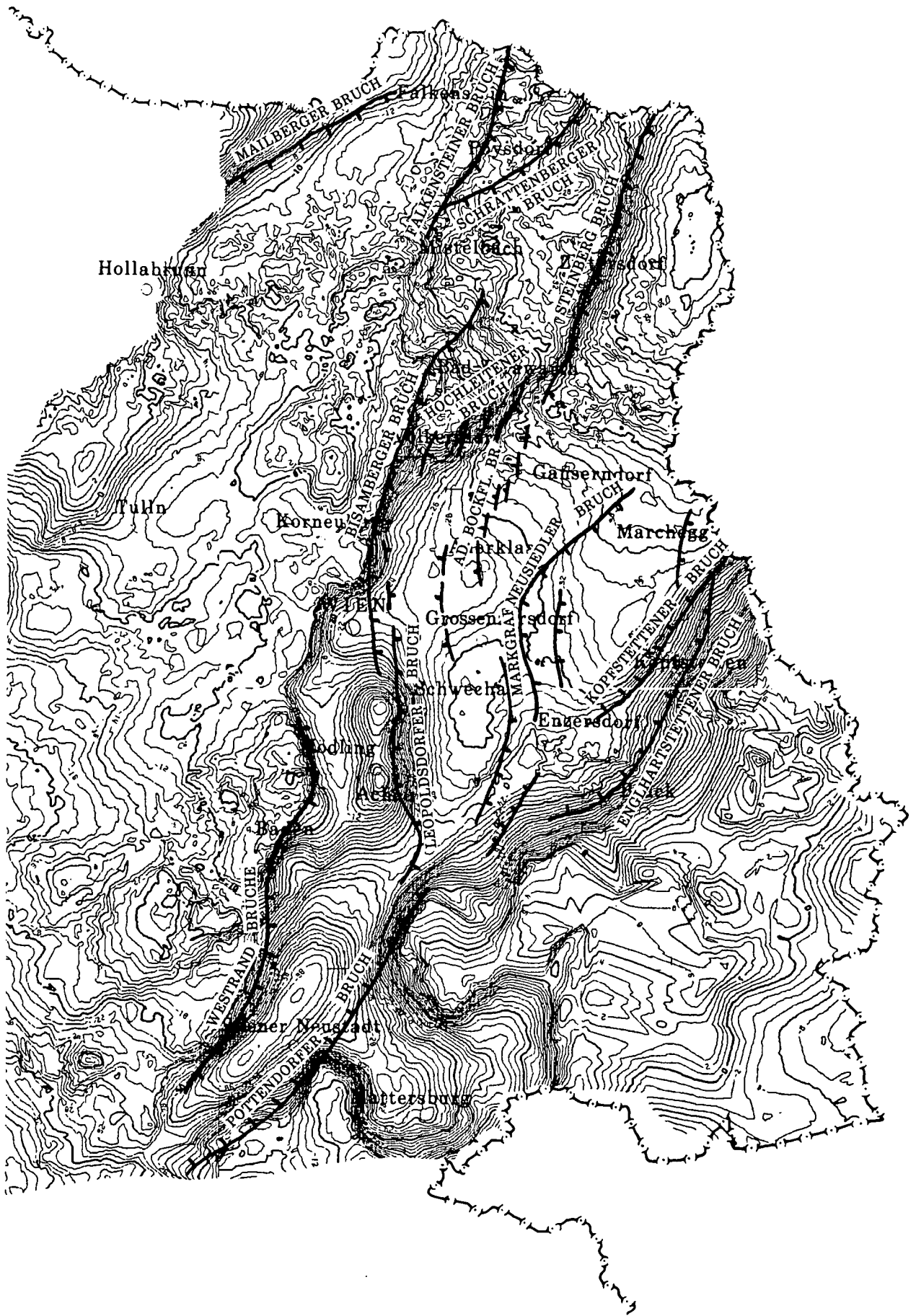


Abb. 15.
Darstellung der Störungssysteme und Schwereanomalien.

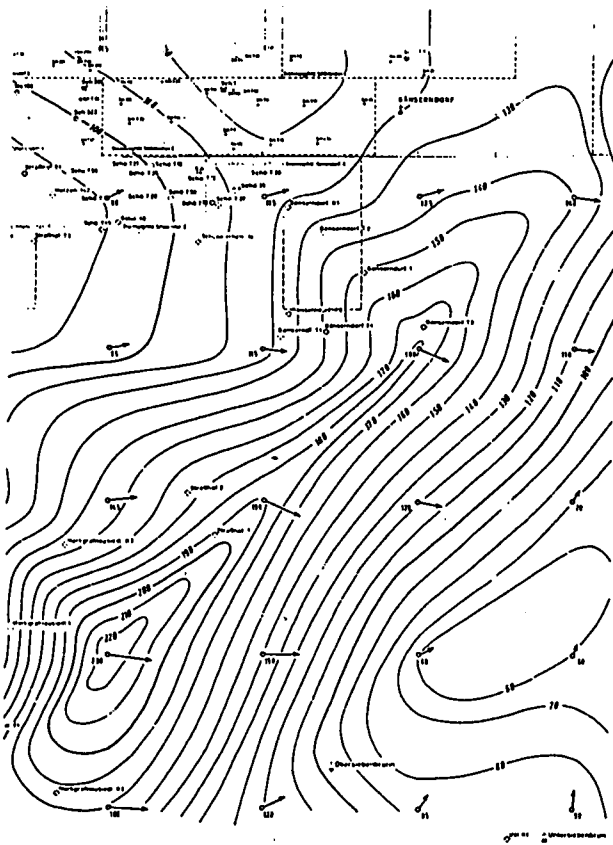


Abb. 16.
Isogradientendarstellung des Markgrafneusiedler Bruches.

im Süden durch eine deutliche Isolinien-scharung 20 km östlich von Bludenz begrenzt wird, wo von A. TOLLMANN (1976) die Pormarin-Störung ausgeschieden wurde. Diese positive Anomalie innerhalb der Kalkalpen spiegelt eine Untergrundanomalie wieder.

Weiter gegen Osten, von Innsbruck über Schwaz, am südlichen Meßgebietrand, werden die ausgeprägten Scharungen mit der Inntalstörung in Verbindung gebracht, welche in die über Kufstein laufende Prienstörung übergeht. Mehrere abwechselnde regionale Anomalien beherrschen den Raum zwischen Vorarlberg und Salzburg, wobei im Bereich nördlich von Innsbruck eine regionale negative Anomalie ausgewiesen wird. Die Kufsteiner Anomalie hingegen (siehe Kap. 7.2.1.) spaltet sich in mehrere positive Anomalien auf.

Östlich Salzburg (Tafel 2) zeichnet sich bereits schwach die Kalkalpengrenze (Salzburg – Kirchdorf – Scheibbs – N. Lilienfeld) in der Anomalienführung ab. Die in Kap. 7.2.1. bereits erwähnten Störungen und Großraumanomalien lassen sich hier genauer abgrenzen. Die westlichste, die Salzburger positive Anomalie, wird im Westen durch die Salzachquerstörung und im Osten durch die Wolfgangsee-Störung begrenzt. Die Gesamtausdehnung dieser Anomalie kann bis 25 km gegen Südosten streichend angenommen werden. Die gegen Südosten und Osten anstoßenden negativen Anomalien sind der geringeren Dichte der Gosau zuzuschreiben und decken sich mit deren Verbreitung (Vergleich mit „Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen“, A. TOLLMANN, 1976).

Gegen SE anschließend treten begrenzte, lokale, negative Anomalien hervor, deren ausgeprägteste die von

Bad Aussee ist. Diese Anomalie liegt 35 km von Hallein entfernt, auf einer gedachten Linie zwischen Hallein und Liezen. Die lokalen Anomalien dieses Raumes sind auf eine sehr geringe Dichte sowohl oberflächennahe wie auch innerhalb der Decken zurückzuführen (Salzkonzentrationen). Gegen die südliche Meßgebietsbegrenzung hin, bei Liezen, ist andeutungsweise die von SW kommende Scharung der Ennstal-Störung erfaßt.

Die südlich Gmunden liegende positive Anomalie übertrifft in ihrer Längserstreckung jene von Salzburg und ist von der südlich Steyr, westlich Kirchdorf liegenden positiven Anomalie durch die im Schwerebild als Aneinanderreihung negativer Anomalien erkenntliche Teichl-Hengst-Störung getrennt. Die Ausdehnung dieser Anomalie kann mit über 40 km angenommen werden. Eine 1970 durchgeführte Tiefenabschätzung des kristallinen Untergrundes ergab für das Anomalienmaximum eine Tiefe, je nach Dichteansatz, von 4000 bzw. 4500 m auf NN bezogen. Die Bestätigung dieser Abschätzung erbrachte die Bohrung Grünau 1 (1987). Im südöstlichen Anschluß an die positive Anomalie von Gmunden kommt nordöstlich von Liezen ebenfalls der Gosau-Dichteeffekt durch das (Windischgarstner) Gosau-Becken zum Tragen.

Der gegen E bis Mödling bei Wien anschließende Bereich der Kalkalpen wird mit Hilfe von Tafel 3 beschrieben. Zum Vergleich wurden die tektonischen Karten (Blätter 4 und 5) nach A. TOLLMANN (1976) herangezogen. Im Westen, bei Weyer beginnend, geht das Element der Weyrerlinie konform mit der hier auftretenden Isolinien-scharung. Eine aus dem Bouguerbild abgeleitete Störung verläuft von Weyer in Richtung St. Gallen und ist der Dimbachstörung zuzuordnen (Abb. 14 und 17). Gegenüber den NW-SE-streichenden Isolinien des Gesamtanomalienbildes mit seinem südwestlichen Abfall bildet sich eine SW-NE-verlaufende Störungslinien-Streichrichtung aus, die teilweise mit den einzelnen Deckengrenzen zusammenfällt (Abb. 18).

An der Kalkalpenstirne (Dichtegrenze Fysch/Kalk) ist ein leichtes Umschwenken der Isolinien erkennbar. Teilweise kann dies auf die auftretenden lateralen Dichteänderungen; die sich im Bouguerbild widerspiegeln, zurückgeführt werden. Aber auch Tektonik und Reliefänderungen des kristallinen Untergrundes können eine Änderung des Isolinienverlaufes bewirken. Ein Zusammenfallen dieser Komponenten, Reliefsprünge und Dichtevariation, wurde gelegentlich durch Modellrechnung bestätigt. Mächtigkeitsänderungen innerhalb der Decken, mit einem dementsprechenden Dichtekontrast, bewirken auch Isolinienänderungen. Laterale Dichtegrenzen lassen sich durch verschiedene Dichtewahl in topographisch bewegtem Gelände gut herausarbeiten. Deckengrenzen können, müssen aber nicht, Dichtegrenzen sein. Zeitweise kommt es zu Abweichungen zwischen geologisch kartierten und gravimetrisch erfaßten Grenzen.

Die ausgeprägteste Isolinien-scharung in Abb. 17, zugeordnet einem überregionalen Störelement im Kalkalpenbereich ist jene, die 25 km südlich von Waidhofen a. d. Ybbs bei St. Gallen beginnt und in nordöstlicher Richtung streicht. Diese Störlinie im Gravimeterbild ist der Sulzbachdecke vorgelagert und liegt in der tektonischen Karte Blatt 4 bei Frenzberg – Hollenstein – St. Georgen. Sie wird von der Göstling-Störung im Verlauf etwas nach Süden versetzt und kommt gegen Nordosten hin an der Stirn der Sulzbachdecke zu liegen und scheint im Bereich Lunz a. See zu enden. Andeutungs-

LEGENDE:

- TE.DE TERNBERGER DECKE
- FR.DE FRANKENFELSER DECKE
- LU.DE LUNZER DECKE
- SU.DE SULZBACH DECKE
- RE.DE REISALPEN DECKE
- UN.DE UNTERBERG DECKE
- GO.DE GÖLLER DECKE
- MÜ.DE MÜRZALPEN DECKE

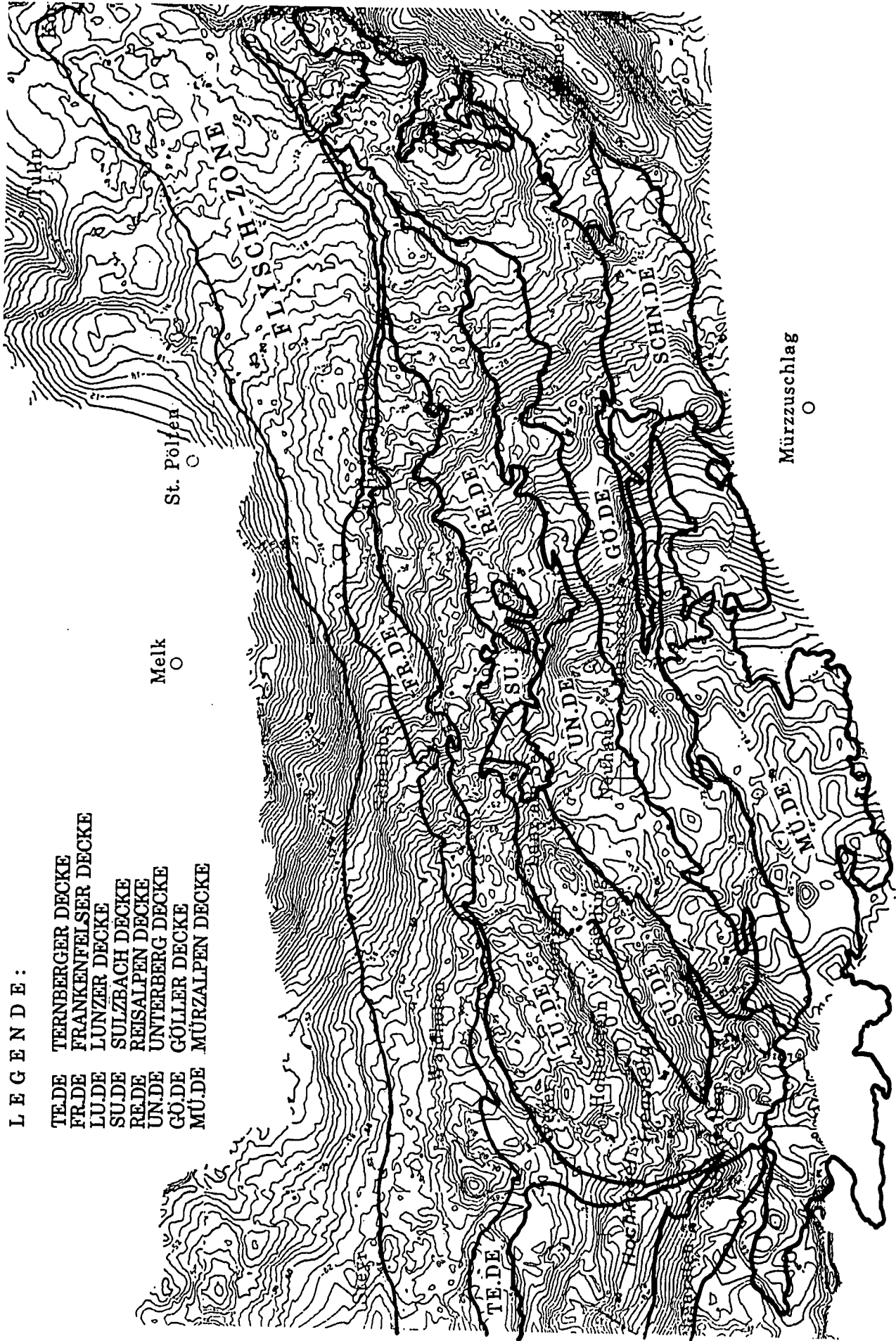


Abb. 17.
Gravimetrisch erfaßte Störelamente (Frenzberg - Lunz, an der Gösling-Störung versetzt; Weyer - St. Gallen) und unbeeinflußt verfolgbare Störelamente.

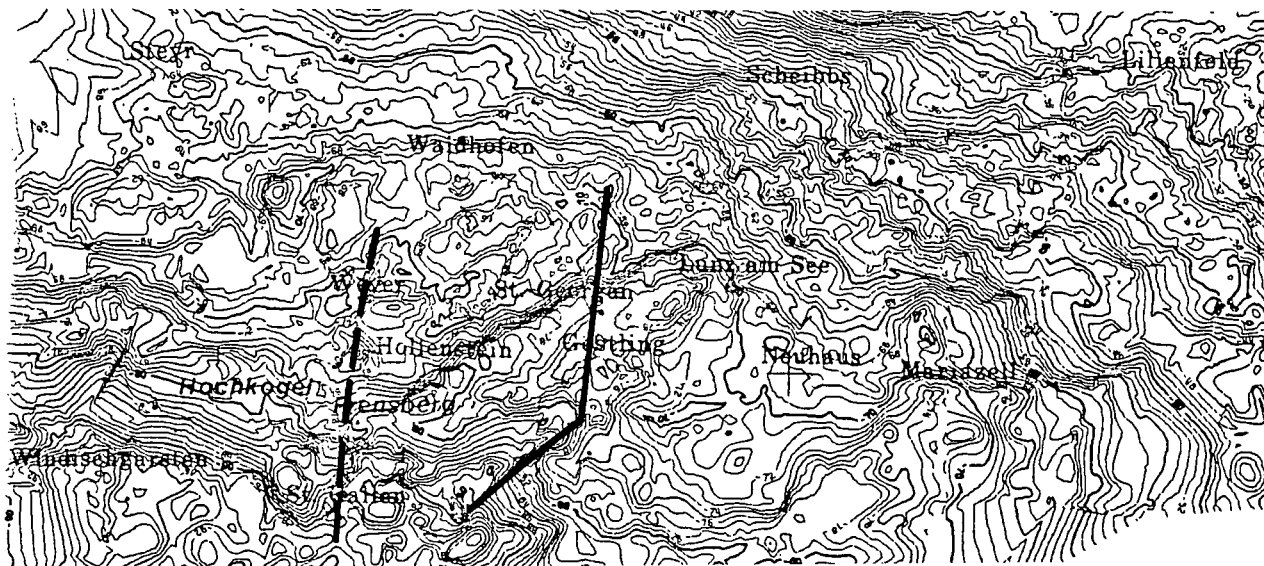


Abb. 18.
Streichrichtungsänderungen und Scharungen von Isolinien an Deckengrenzen.

weise kann die Störung weiter Richtung Lilienfeld vermutet werden. Ungefähr 5 km südlich Scheibbs stößt sie mit der Stirn der Lunzer Decke zusammen, welche für das Gravimeterbild innerhalb der Kalkalpenzone von Bedeutung ist, da mit dieser Grenze ein unruhiger Linienvorlauf in der Bouguerkarte einsetzt. Die Stirne der Kalkalpen in Abb. 18 mit dem Einsatz der Frankenfelsdecke ist vor allem von Lilienfeld über Hainfeld nach Osten gehend und 15 km hievon nach Nordosten umschwenkend sehr deutlich erkennbar, wobei gegen Westen keine sehr markante Grenze gezogen werden kann.

Weitere Störmlinien fallen mit der Stirne der Unterbergdecke zusammen, die letzte markante Störmlinie südöstlich Maria Zell mit der der Schneeberg Decke, die sich wie die vorhergehenden als Scharung von Isolinien auszeichnet. Diese auffallende Grenze läßt sich bis in das Wiener Becken, 8 km südlich von Baden, verfolgen. Die geologische Grenze der Gölle Decke hingegen tritt im Gravimeterbild nicht in Erscheinung (siehe Abb. 18).

Aus dem Vergleich mit der Geologie kann bei Detailuntersuchungen vielfach das Verhalten von Isolinien erklärt werden. Es bleiben jedoch noch Fragen offen, viele derselben werden im Rahmen der Kohlenwasserstoffsuche einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Dafür kommen in erster Linie im Kalkalpenbereich die regional großtektonisch im Gravimeterbild ausgedrückten Maxima und Minima in Frage, an denen selbst, vor allem aber an deren unregelmäßigen Flanken die Detailuntersuchungen beginnen. Für den Molassebereich sind vor allem die kleinen flachen Strukturen und die Andeutungen von Störungen, insbesondere die antithetischer Brüche, von Bedeutung.

Unter diesen Gesichtspunkten, vor allem in Gebieten schwierigen Geländes, können Regional- und Detailuntersuchungen mittels Schweremessungen wesentliche Anhaltspunkte zur Lagerstättenerkundung geben.

Dank

Der Verfasser dankt der ÖMV AG für die Genehmigung zur Publikation und allen Mitarbeitern der Gravimetrie und Datenverarbeitung. Besonders den Herren Prof. Dr. A. KRÖLL und

Dr. G. WESSELY für die Förderung der Gravimetermessungen und das entgegengebrachte Verständnis sowie für die Anregung zur Publikation. Für die Ausführung der Abbildungen und Beilagen sei Herrn P. SCHMIDT und seinen Mitarbeitern, Herrn G. GOHS sowie für das Schreiben des Manuskriptes Frau I. WIDHALM gedankt.

Literatur

- BOTT, M. H. P.: The Use of Electronic Digital Computers for the Evaluation of Gravimetric Terrain Corrections. – Geophysical Prospecting (March 1959).
- BRIX, F., KRÖLL, A. & WESSELY, G.: Die Molassezone und deren Untergrund in Niederösterreich. – Erdöl Erdgas Zeitschrift, 93 (Sonderausgabe), Hamburg – Wien, 1977.
- ECKL, O. & ZYCH, D.: Bericht über Erstellung richtiger Bouguerwerte mit Hilfe der Luftbildauswertung. – ÖMV firmenint. Bericht, 1965.
- ERISMANN, W. & LETTAU, O.: Topographische Reduktion von Schweremessungen in der näheren und weiteren Stationsumgebung mit Digitalrechnern. – Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. A, 20, 383–396, (Springer Verlag) 1971.
- DE GOLYER, E. L.: Notes on the early history of applied geophysics in the petroleum industry. – Early geophysical papers. Vol. 1, 1935.
- GÖTZE, H. J., ROSENBAACH, O. & STEINHAUSER, P.: Die Bestimmung der mittleren Geländehöhen im Hochgebirge für die topographische Reduktion von Schweremessungen. – Ber. Tiefbau Ostalpen, 9, 1–16, 1980.
- GRANSER, H., HÖSCH, K., STEINHAUSER, P. & ZYCH, D.: Über das Dichtemodell in Österreich. Geodätische Arbeiten Österreichs für die internationale Feldmessung. – Neue Folge Bd. II, 1983.
- GRANT, F. S. & ELSAERTY, A. F.: Bouguer gravity corrections using a variable density. – Geophysics, Vol. XXVII, Okt. 1962.
- GRILL, R. & KAPOUNEK, J.: Waschbergzone und Erdölfelder. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 57/H. 1, 145–155, Wien 1964.
- GUTDEUTSCH, R. & SEIBERL, W.: Aeromagnetische Vermessung Österreichs. – Bericht der Österr. Akademie der Wissenschaften, 1987.
- HAWLE, H.: Bericht über Dichte und Raumgewichtsverhältnisse im Gebiet des Moldanubikums. – ÖMV firmenint. Bericht LAP III/4/70, 1970.
- IVANHOE, I. F.: Chart to check elevation factor effects on gravity anomalies. – Geophysics. Vol. XXII, Nr. 3, Juli 1957.
- JUNG, K.: Schwerkraftverfahren in der angewandten Geophysik. – Leipzig 1961.

- KANE, M. F.: A comprehensive System of Terrain Correction Using a Digital Computer. – *Geophysics* 27, 455–462, 1962.
- KANTAS, K., NIEDERL, K. & ZYCH, D.: Korrektur der Schwere-messungen (Durchführung auf der Datenverarbeitungsanlage 1410). – ÖMV firmenint. Bericht, 1965.
- KANTAS, K. & ZYCH, D.: Reduction of Gravity Observations with Digital computer. *Pure and appl Geophys.*, Vol. 68, 1967/III.
- KANTAS, K., WEINBERGER, F. & ZYCH, D.: Berechnung der 1. und 2. Schwereableitung. – ÖMV firmenint. Bericht, 1965.
- KITTEL, H.: Über die Konstruktion der Isogammenkarten. – ÖMV firmenint. Bericht, Okt. 1969.
- KITTEL, H. & ZYCH, D.: Basisnetz der ÖMV AG. – ÖMV firmenint. Bericht, 1966.
- KRÖLL, A. & KOLLMANN, K.: Die österreichischen Erdöl- und Erdgasprovinzen und die Erdöl und Erdgas hoffigen Gebiete Österreichs. – *Erdöl und Erdgas in Österreich*, Wien (Verlag Nat. Hist. Museum, Wien und F. Berger, Horn) 1980.
- KRÖLL, A. & WESSELY, G.: Neue Ergebnisse beim Tiefenaufschluß im Wiener Becken. – *Erdöl Erdgas Zeitschrift* 89/ H. 11, 1973.
- LINSSE, H.: A generalized form of Nettletons density determination. – *Geophysical Prospecting*, Juni 1965.
- NIEDLER, K.: Berechnung der Residualanomalie nach der Methode der kanonischen Punkte. – ÖMV firmenint. Bericht, 1968.
- PRAKLA-SEISMOS: Bericht über Gravimetermessungen 1981 Tirol – Vorarlberg. – ÖMV firmenint. Bericht 1981.
- PUCHNER, R. & HAHN, A.: Abschlußbericht zum BMFT-Forschungsvorhaben ET3017A, Aeromagnetik Alpen. – Niedersächsisches Landesamt f. Bodenforschung, Hannover 1979.
- SCHLEUSENER, A.: Nomogramme für Geländeverbesserungen von Gravimetermessungen der angewandten Geophysik. – *Beitr. angew. Geophysik*, 8, 415–450, 1940.
- STEINHAUSER, P.: Bericht über die im Jahre 1982 durchgeführte gravimetrische Vermessung von Teilen der nördlichen Kalkalpen. – ÖMV firmenint. Bericht 1982.
- STEINHAUSER, P., RUESS, D., ZYCH, D., HAITZMANN, H. & WALACH, G.: The Geoid in Austria Digital Models of Mean Topographic Heights and Rock Densities. – *Proc. XVIIIth Gen. Ass. IUGG, IAG*, Vol. 1, 322–338, 1984.
- STEINHAUSER, P., SEIBERL, W., MEURERS, B., ARIC, K., RUESS, D., HÖSCH, K. & LENHARDT, W.: Montangeophysikalische Untersuchungen im Raum Bad Aussee. – *Geoph. Forschungsbericht IMG*, 7, 90 S., 1982.
- STEINHAUSER, P., SEIBERL, W., ZYCH, D. & RUESS, D.: Bestimmung des Bouguerschwerefeldes in den Karawanken und der Sattnitz. – *Mitt. Öst. Geol. Ges.*, 71/72, 299–306, 1980.
- STOWASSER, H.: Strukturbildung am Steinbergbruch im Wiener Becken. – *Erdöl Erdgas Zeitschrift*, 82, H. 1, 1966.
- TOLLMANN, A.: Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – *N. Jahrb. Geol. Paläont. Abh.*, 153, 1977.
- TOLLMANN, A.: Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. Monographie der Nördlichen Kalkalpen, III. – 349 S., Wien 1976.
- VAJK, R.: Bouguer Corrections with varying Surface Density. – *Geophysics* Vol. XXI, Nr. 4, Okt. 1956.
- WALACH, G.: Gesteinsphysikalische Untersuchungen an Vulkaniten der Tiefbohrungen Walkersdorf, Mitterlabill und Palldau. – *Anz. math. nat. Kl. d. ÖAW*, 1–10, 1976.
- WEBER, F.: Marksteine in der Entwicklung der Angewandten Geophysik. – *Erdöl Erdgas Zeitschrift*, 88/H. 12, 1972.
- WEBER, F.: Die Rolle der angewandten Geophysik beim Erdölaufschluß in Österreich. – Wien (Verlag Nat. Hist. Mus. Wien und F. Berger Horn) 1980.
- WESSELY, G.: Rand und Untergrund des Wiener Beckens – Verbindungen und Vergleiche. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 1975.
- WESSELY, G.: Vienna Basin, Floor and Subcrop of Alpine Tectonic Units. Structure and development of the Vienna Basin in Austria. – *The Pannonian Basin, a Study in Basin Evolution, AAPG*, in Druck.
- ZYCH, D.: Korrekturprobleme bei Schwere-messungen im Alpenbereich. – *Erdöl Erdgas Zeitschrift*, 85. Jahrg., März 1969.
- ZYCH, D.: Über die Detailauswertung der Gravimeter-messungen Grünau im Almtal. – ÖMV firmenint. Bericht, 1970.
- ZYCH, D.: Über die gravimetrischen Messungen in den Auf-suchungsgebieten Bad Aussee – Bad Ischl – St. Gilgen. – ÖMV firmenint. Bericht, Nov. 1969, Jänner 1970.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 14. November 1987.