
ABSOLUTSCHWEREMESSUNGEN IM SÜDLICHEN WIENER BECKEN

D. Ruess
G. Duma, M. Nief

BEV Wien
ZAMG Wien

1) Einführung :

Am 1. Juli 1990 startete das Projekt "*Absolutschwere und Krustenbewegung - Gravimetrische Erkundung von tektonisch induzierten Krustenbewegungen in österreichischen Bebenzonen*", das vom *Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung* getragen wird. Ursprünglich für die Dauer von zwei Jahren geplant, wurde es inzwischen um ein Jahr verlängert, um umfangreichere Meßdaten zu gewinnen.

Ziel des Projektes ist es, das Absolutgravimeter **JILAG - 6** für die Untersuchung geodynamischer Prozesse einzusetzen. Durch solche Absolutmessungen können Änderungen im Betrag des Schwerevektors, hervorgerufen durch Höhenänderungen und/oder Massenverlagerungen, mit einer Genauigkeit von 6 - 10 μ Gal erfaßt werden.

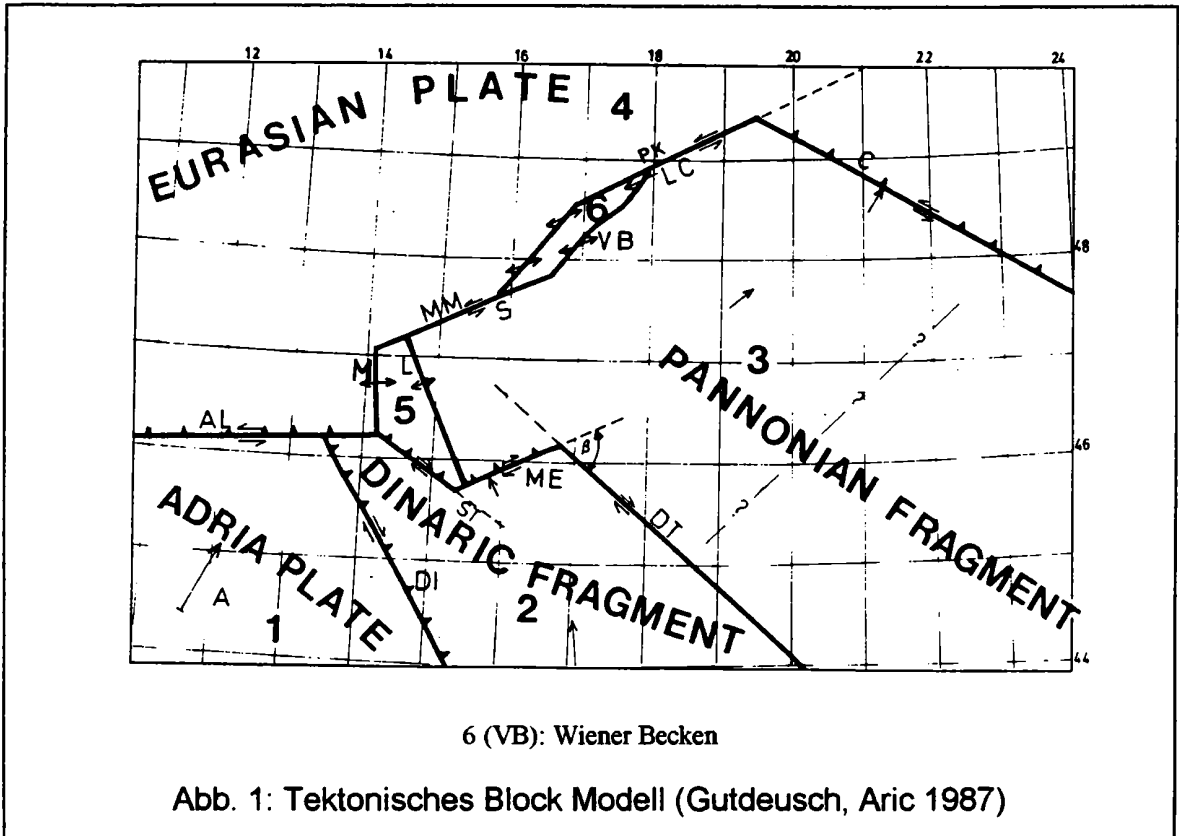
Die praktische Durchführung wiederholter absoluter Schweremessungen zur Erfassung tektonischer Krustenbewegungen ist seit der Entwicklung des Gerätes von J. Faller et al. seit 1986 praktikabel. Das JILAG - Meßgerät ist das erste Absolutgravimeter mit hoher Genauigkeit, daß für den "Feldeinsatz" tauglich ist (*Transportgewicht ca. 600 kg, 8 Kisten*). Derzeit sind sechs Geräte dieser Bauart weltweit im Einsatz. Seit Herbst 1992 wird eine strukturell verbesserte Weiterentwicklung angeboten (FG 5 von Axis).

Meßgebiet

Im Rahmen des Projektes war als Meßgebiet das südliche Wiener Becken vorgesehen, über dessen geodynamische Bewegungsabläufe schon mehrere Hinweise und Daten vorliegen (vgl. Abb.1).

Auch sind die zahlreichen Erdbeben der sogenannten Thermenlinie Ausdruck der tektonischen Aktivität dieses Gebietes. Besonders erwähnt seien hier die starken Beben im 20. Jhdt.: Schwadorf 1927, Ebreichsdorf 1938, Ebenfurth 1963 und Wiener Neustadt 1972 (Abb. 2).

Die Erfassung rezenter Krustenbewegungen erscheint hier daher besonders erstrebenswert.



Aufgrund wiederholter Präzisionsnivellements ist nachgewiesen, daß Senkungs-
bewegungen des Wiener Beckens mit Geschwindigkeiten von einigen Millimetern
pro Jahr stattfinden. Das Wiener Becken ist ein Einbruchsbecken, genauer ein
durch Öffnung nach den Seiten entstandener Grabenbruch, mit sogenannten
"normal faults" oder Abschiebungen, vorwiegend an den Beckenrändern (Abb. 3).

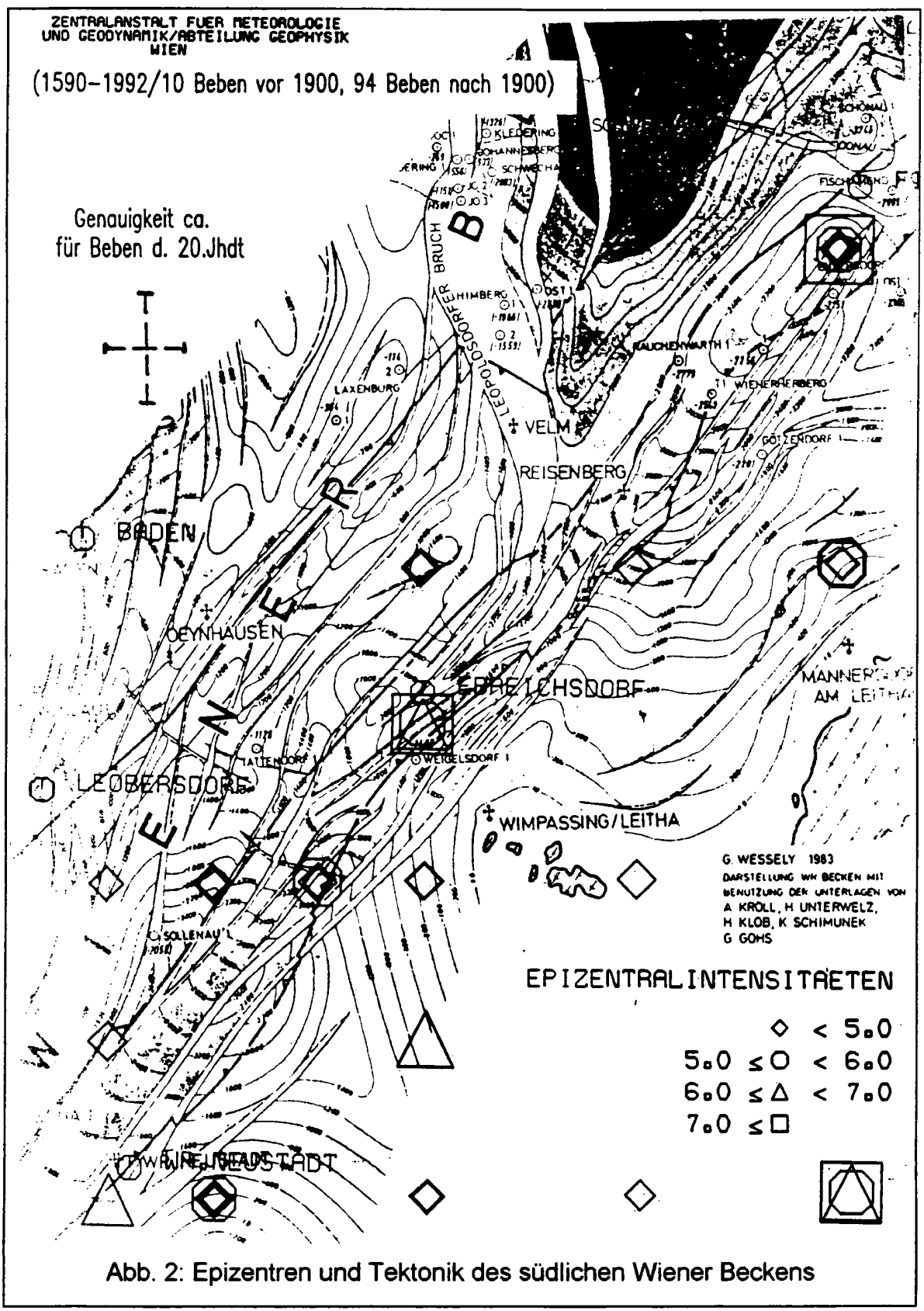
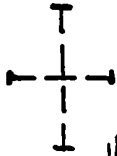
Die Bewegungsrichtung der Abschiebung ist dabei zur Längsachse des Beckens
gerichtet. Die Bruchlinien verlaufen größtenteils parallel zueinander in Richtung
NNW. Die größte Tiefe des Beckens liegt im Bereich Schwechat ("Schwechater
Tief") mit einer Mächtigkeit tertiärer Sedimente von 5500 Metern.

Die regelmäßige Erfassung der vertikalen Bewegungen ist mit dem herkömmlichen
Verfahren des geometrischen Nivellements sehr aufwendig und kostspielig.
Daher bietet sich als ergänzendes Verfahren jenes der Absolutgravimetrie an,
durch das die Schwereänderungen an einzelnen Punkten, in Unabhängigkeit von
benachbarten Meßpunkten und einer Profilvermessung, erfaßt werden können.
Die schnelle Wiederholbarkeit der Messungen ist als weiterer Vorteil zu nennen.

ZENTRALANSTALT FUER METEOROLOGIE
UND GEODYNAMIK/ABTEILUNG GEOPHYSIK
WIEN

(1590-1992/10 Beben vor 1900, 94 Beben nach 1900)

Genauigkeit ca.
für Beben d. 20.Jhdt



G WESSELY 1983
DARSTELLUNG NW BECKEN MIT
BENUTZUNG DER UNTERLAGEN VON
A KROLL, H UNTERWELZ,
H KLOB, K SCHIMUNEK
G GOMS

EPIZENTRALINTENSITÄTEN

- ◇ < 5.0
- 5.0 ≤ < 6.0
- △ 6.0 ≤ < 7.0
- 7.0 ≤

Abb. 2: Epizentren und Tektonik des südlichen Wiener Beckens

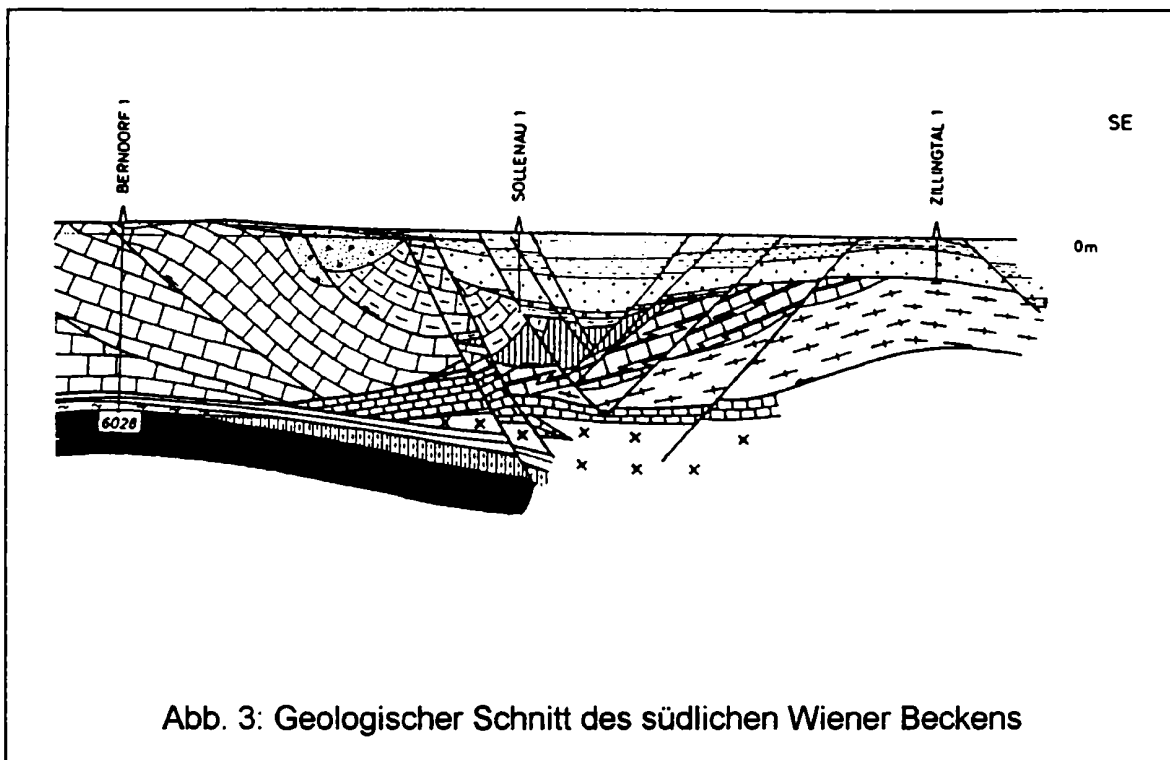


Abb. 3: Geologischer Schnitt des südlichen Wiener Beckens

2) Das Meßsystem des Absolutgravimeters

Die insgesamt sechs Instrumente umfassende Baureihe "JILAG" wurde von Prof. Dr. J. FALLER, Joint Institute of Laboratory Astrophysics, University of Colorado, in den Jahren 1985-87 gebaut und stellte den vorläufigen Höhepunkt der technischen Entwicklung dar, die 1965 begonnen hatte. Eine schematische Darstellung des Systems zeigt Abb. 4.

Eine im Vakuum (10^{-6} Torr) frei fallende Testmasse (optisches Prisma) wird nach dem Prinzip des Michelson - Interferometers beobachtet. Es werden Zahl und Zeit der durch die Fallbewegung des Prismas entstehenden Interferenzen gemessen.

Für die Bewegungsgleichung

$$x_i = x_0 + v_0 t_i + \frac{1}{2} g t_i^2$$

werden 150 Weg-Zeit Paare herangezogen. Die Lösung des Normalgleichungssystem ergibt die Beschleunigung g . Ein Weg-Zeit Paar wird aus einem Paket von 4000 Interferenzen und der dazugehörigen Zeit bestimmt. Der verwendete He-Ne-Laser arbeitet bei einer Wellenlänge von 633 nm, stabilisiert an zwei Frequenzpeaks. In Summe ergibt das eine genutzte Fallstrecke von 19 cm.

Zur Abkoppelung der immer vorhandenen Bodenunruhe muß das Referenzprisma des Interferometers seismisch abgekoppelt sein. Dies geschieht mit der sogenannten "Superspring", einer schwingungsdämpfenden Einrichtung, bei mit einer Eigenperiode von ca. 20 Sekunden.

Der Rücktransport des Fallprismas erfolgt durch ein Aufzugssystem. Die Aufzugskabine begleitet berührungsfrei den Fall des Prismas, gesteuert durch die optisch kontrollierte Position der Testmasse. Das evakuierte Fallrohr wird mit einer eigenen Stativkonstruktion berührungsfrei über der Interferometerbasis aufgestellt, da die durch die Bewegung des Liftes entstehenden Schwingungen nicht auf das Interferometer einwirken dürfen.

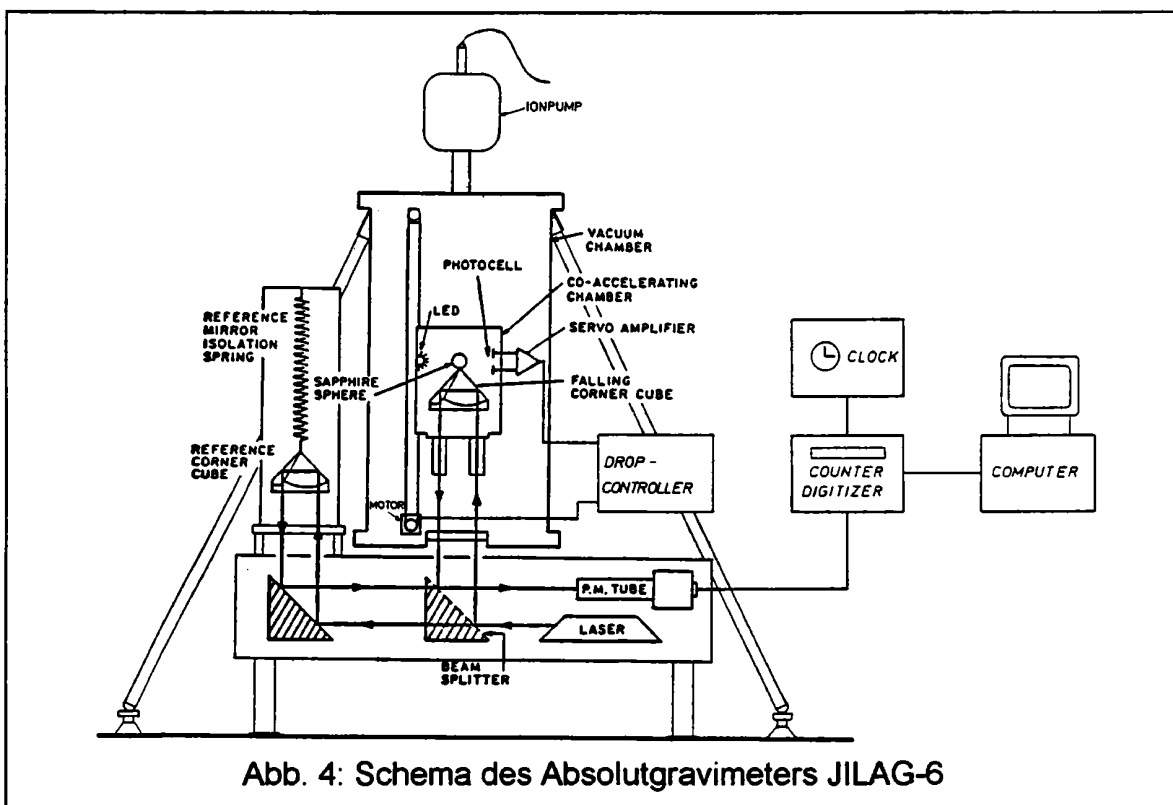


Abb. 4: Schema des Absolutgravimeters JILAG-6

Der Ablauf der Messungen erfolgt vollautomatisch, gesteuert durch einen HP9816 Computer. Der g -Wert wird für jeden Einzeldrop sofort berechnet. Zeit, g -Wert, Gewichtung aus dem Gleichungssystem und gemessener Luftdruck werden auf Diskette aufgezeichnet, ebenso die gemittelten Residuen $\Delta x/x$ für jede Meßserie.

Kontrollen des Meßsystems erfolgen durch Wiederholungsmessungen an den Stationen "Hohe Warte" in Wien, "Obergurgl" im Ötztal, "Sèvres" bei Paris.

3) Meßprofil und Stationen

Um die Eingangs erwähnte Aufgabenstellung zu erfüllen, sollte ein Profil mehrerer Absolutschwerestationen quer zur Streichrichtung der bekannten Bruchlinien angelegt werden. Ein Anschluß an das Nivellementnetz des Bundesamtes für Eich und Vermessungswesen gibt die Möglichkeit, Korrelationen zwischen Höhen- und Schwereänderungen zu diskutieren. In Abb. 5 ist die Lage der Stationen und der Nivellementlinie ersichtlich. Zur Absicherung der Resultate sind die Endpunkte des Meßprofiles außerhalb des Bruchsystems auf geologisch stabilem Untergrund angelegt.



Zu den technischen Voraussetzungen einer Absolutschwerestation zählen: Stabiles Fundament, konstante Temperatur, niedriger seismischer Störpegel, Stromanschluß (ca. 1 kW). In Anbetracht dessen, daß die zu erwartenden Schwereänderungen sehr langsam vor sich gehen, und daher Wiederholungsmessungen in zeitlichen Abständen von einigen Jahren erforderlich sind, kommen nur solche Stationen in Betracht, deren unmittelbare Umgebung aus gravimetrischer Sicht für den Beobachtungszeitraum unverändert bleibt. Es werden daher Kellerräume bzw. ebenerdig gelegene Räume stabiler Gebäude bevorzugt.

Die Stationen Franz-Josef-Warte im Kristallin des Unterostalpin gelegen und Hirtenberg in der Kalkalpenzone stellen die Endpunkte des Profils dar. Sie liegen auf geologisch stabilem Untergrund, d.h. aus tektonischer Sicht werden an diesen beiden Punkten keine oder nur sehr geringe Höhenänderungen erwartet.

4) Chronologie der Arbeiten

Die Erkundung und primäre Stationsauswahl erfolgte im Jahre 1990, parallel zur Neubestimmung einer Nivellementlinie des BEV zwischen Berndorf und Donnerskirchen. Die Örtlichkeiten wurden dermaßen ausgesucht, daß die Stationen entsprechend der Kenntnisse über die Bruchverläufe im Wr. Becken über die erkennbaren Staffeln zwischen den Brüchen zu liegen kommen. Entsprechend der im obigen Kapitel erwähnten Bedingungen wurden 5 Stationen ausgewählt an denen aus Kostengründen möglichst keine umfangreichen Adapierungen nötig wurden:

| Station | Gebäude | φ [°] | λ [°] | Höhe [m] |
|------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|----------|
| Hirtenberg | Kirche, Keller | 47,9321 | 16,1767 | 282,946 |
| Tattendorf | Pfarrhof, Keller | 47,9609 | 16,3002 | 225,009 |
| Ebreichsdorf | Kirche, Vorraum | 47,9611 | 16,4010 | 202,410 |
| Unterwaltersdorf | Gymnasium, Keller | 47,9671 | 16,4340 | 194,394 |
| Seibersdorf | Forschungszentrum, Dosimetrielabor | 47,9793 | 16,5116 | 183,551 |
| Leithagebirge | Franz-Josef-Warte | 47,9268 | 16,6160 | 442,964 |

Tabelle 1: Lage der Stationen

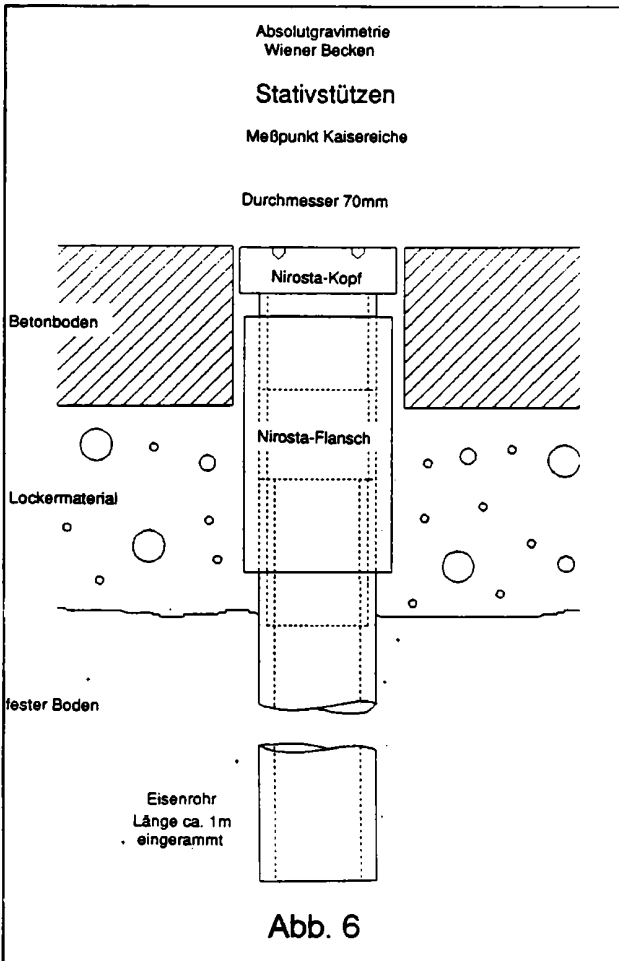
Die sechste Station, die Franz Josef Warte ist das einzige Gebäude im Leithagebirge das im vorgegebenen Bereich auch die geologischen Voraussetzungen erfüllt. Leider sind hier die oben angeführten Bedingungen für den Betrieb des

Absolutgravimeters kaum gegeben. Die Warte ist ein aus Steinen errichteter Turm auf dem Kamm des Leithagebirges. Der ebenerdig gelegene Raum weist zwar einen betonierten Boden auf, der jedoch nicht auf dem Untergrund aufliegt und zu störenden Eigenschwingungen tendiert.

Das Aufbrechen des Bodens und die Errichtung eines Sockels kommt nicht in Betracht. Um dennoch hier messen zu können wurde eine Sonderkonstruktion geschaffen:

Der Boden wurde in den Dimensionen der Füße der Interferometerbasis durchbohrt und Rohre in den Untergrund geschlagen. Auf die Rohre wurden kleine Stativteller aufgeschraubt, sodaß eine einwandfreie Aufstellung der Basis ermöglicht wurde. Bodenschwingungen, die durch den Lift angeregt werden, können nun nicht mehr auf das Meßsystem übertragen werden. Weiters muß hier für die Messungen der Raum mit einer provisorisch eingebauten Türe versehen werden und die Stromversorgung mit Stromaggregaten erfolgen. Vorteil dieser Station ist allerdings der äußerst niedrige seismische Störpegel.

Die ersten Absolutschweremessungen wurden im Spätherbst des Jahres 1990 an 4 Stationen durchgeführt. Die Erfahrungen, die gemacht wurden ergaben, daß die meisten Stationen nicht in der kalten Jahreszeit gemessen werden sollten. Die ideale Raumtemperatur für die Apparatur liegt bei etwa 20° C. Die zweite



Meßkampagne wurde demnach im Frühsommer 1992 durchgeführt während der alle 6 Stationen gemessen wurden.

5) Datenbearbeitung und Ergebnisse

Die Ergebnisse der einzelnen Drops ergeben je nach Station eine Standardabweichung zwischen 20 und 40 μGal . Ursachen dafür sind einerseits durch die Apparatur selbst bedingt (etwa 15 - 20 μGal), andererseits machen sich äußere Einflüsse auf die Station bemerkbar. Insbesondere die Stabilität des Bodens (Sockels) der Station beeinflusst die Streubreite. Deshalb ist es notwendig, eine große Anzahl von Fallversuchen in Serien zu beobachten.

Typischerweise werden die Drops in einem zeitlichen Intervall von 20 Sekunden ausgelöst. Stündlich werden 150 Drops in einer Serie an einem der beiden Laserfrequenzpeaks abwechselnd gemessen. Aus Symmetriegründen ergibt sich daher normalerweise eine gerade Anzahl von 8 - 10 beobachteten Stunden.

Als Beispiel sind die Einzeldropergebnisse in Abb. 7 für die Station Ebreichsdorf dargestellt.

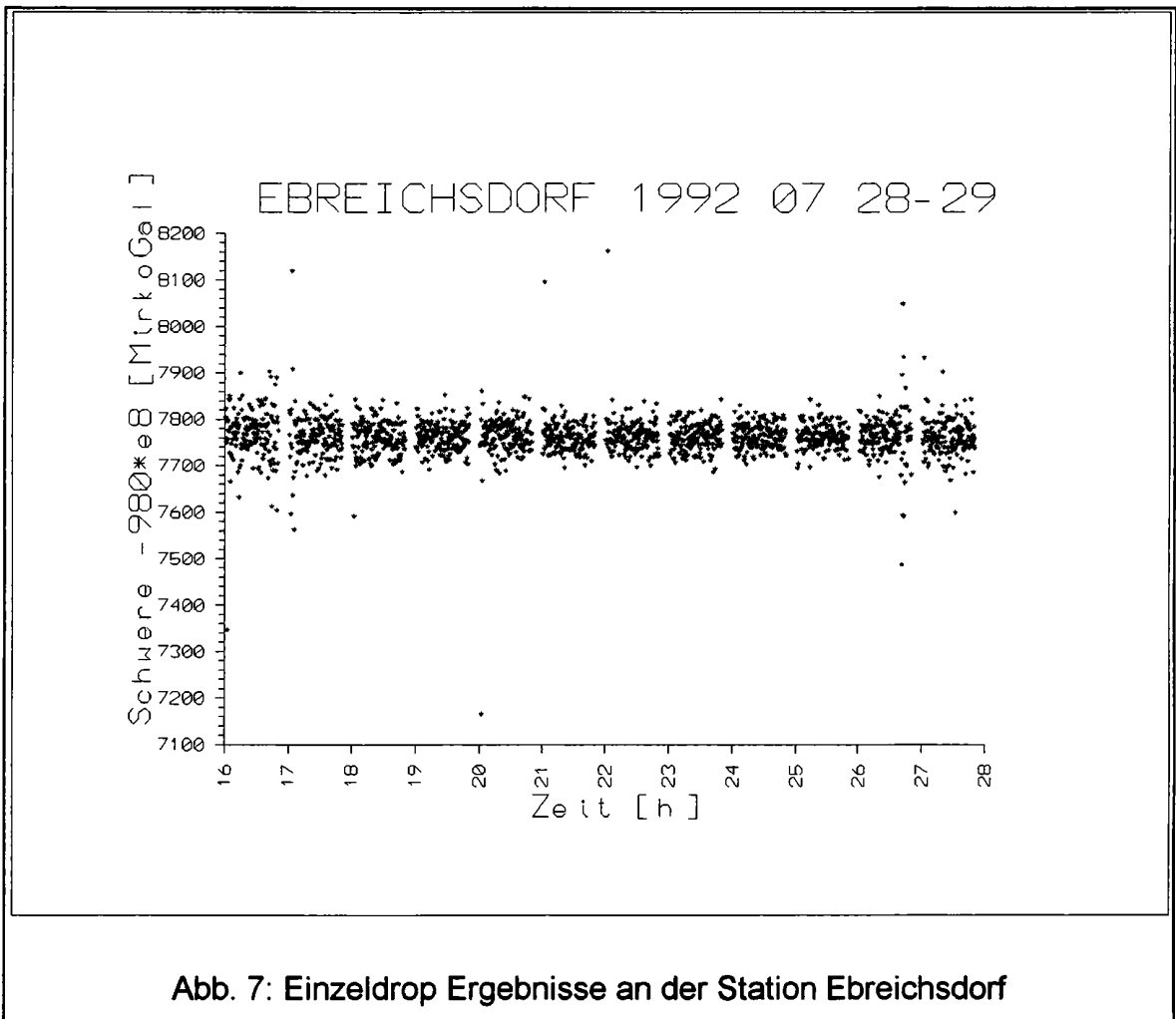
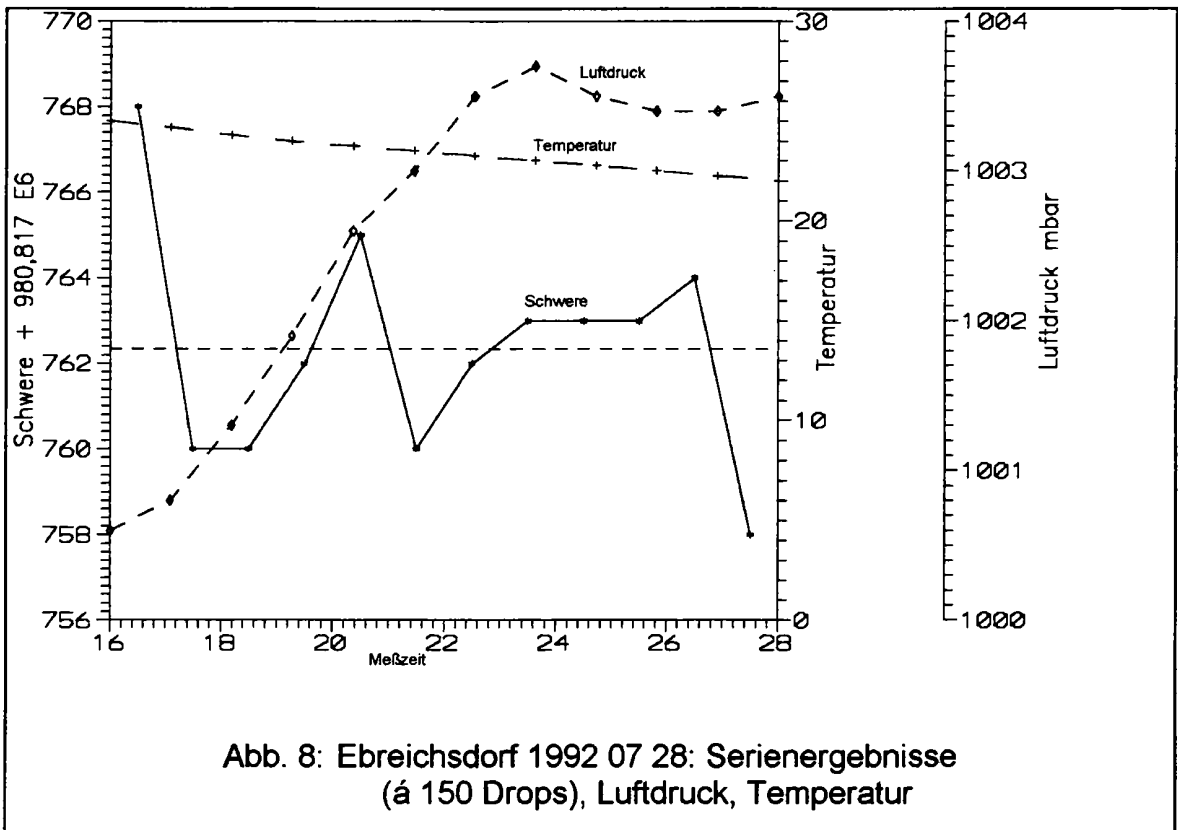


Abb. 7: Einzeldrop Ergebnisse an der Station Ebreichsdorf

Eine vorläufige Auswertung wird vor Ort für Kontrollzwecke durchgeführt. Nach Abschluß des Meßprogrammes werden die Daten auf einen leistungsfähigeren Rechner überspielt. Die endgültige Auswertung und statistische Bearbeitung erfolgt auf einem Standard - PC.

In Abb. 8 sind die Ergebnisse der Dropserien der Station Ebreichsdorf als Beispiel dargestellt. Die Fehler der Mittelwerte liegen bei $\pm 3 \mu\text{Gal}$ mit Ausnahme der letzten beiden, die aufgrund eines seismischen Ereignisses (vgl. Abb. 6) bei ± 6 und ± 16 liegen. Der gewichtete Gesamtmittelwert ist strichliert eingetragen. Luftdruck- und Temperaturverlauf sind ebenfalls angegeben.



Folgende Korrekturen werden an die Rohwerte angebracht:

- Gezeitenkorrektur nach Doodson
- (empirische) Luftmassenkorrektur
- Polkorrektur (Präzessionsbewegung der Erde)
- Höhenkorrektur (Auslösepunkt)

Für jede Dropserie werden aus den korrigierten Werten statistische Lage- und Verteilungsparameter errechnet.

- Arithmetisches Mittel und Standardabweichung über alle Drops
- gewichtetes Mittel, Fehler des gewichteten Mittels über alle Drops
- Arithmetisches Mittel, gewichtetes Mittel, Fehler des gew. Mittels je Serie

Berechnungsdatum: 1993 07 07

GESAMTAUSWERTUNG DER STATION: Ebreichsdorf Pfarrkirche 0-077-02:

Koordinaten und Höhe: 47.96110° 16.40100° 202.410 m

Gezeitenberechnung nach Doodson

Delay Time korrigiert

Laser-Wellenlängendrift korrigiert (extrapoliert ab 19891201)

mittl. gem. Luftdruck - Normaldruck: 1002.6 - 989.2 = 13.4 hPa

mittlere angebrachte Luftmassenkorrektur: 4.0 µGal

angebrachte Polkorrr.: x = -.0961" y = .4390 4.1 µGal

Korrektur zum Boden (dH*VG): .839 * 293.4 = 246.2 µGal ± 2.6

MESSZEIT(UTC): 920728 160040 bis 920729 035020

ANZAHL DER DROPS JE MESSREIHE: 150

ANZAHL DER MESSREIHEN : 12

GESAMTZAHL DER DROPS: 1800

arithmetisches Mittel (gesamt): 980817762.3 ± 1.0 µGal

Standardabweichung: ± 42.8 µGal

gewichtetes Mittel (gesamt): 980817762.4 ± .5 µGal

G-MAX = 980818161. G-MIN = 980817165. G-BAND: 996.

SERIEN AUSWERTUNG:

gew.Mittel über die Serien: 980817762.4 ± .5 µGal

Nach AUSREISSERTEST: 57 AUSREISSER, STAT.SICHERHEIT: 95.0%

gew.Mittel über die Serien: 980817762.3 ± .6 µGal

Gesamtergebnis (reduziert): 980818012.6 ± 4.8 µGal

G-MAX = 980817875. G-MIN = 980817663. G-BAND: 212.

MITTELWERTE DER EINZELNEN FREQUENZEN :

FREQUENZ 0 : 6 MESSREIHEN

arithmetisches Mittel (gesamt): 980817763.9 ± 1.1 µGal

gew.Mittel über die Serien: 980817763.3 ± .9 µGal

G-MAX = 980818161. G-MIN = 980817165. G-BAND: 996.

Nach AUSREISSERTEST : 25 AUSREISSER

ar. Mittel über die Serien: 980817763.9 ± 1.2 µGal

gew.Mittel über die Serien: 980817763.3 ± 1.0 µGal

G-MAX = 980817875. G-MIN = 980817663. G-BAND: 212.

FREQUENZ 2 : 6 MESSREIHEN

arithmetisches Mittel (gesamt): 980817761.7 ± .4 µGal

gew.Mittel über die Serien: 980817761.8 ± .5 µGal

G-MAX = 980818118. G-MIN = 980817562. G-BAND: 556.

Nach AUSREISSERTEST : 32 AUSREISSER

ar. Mittel über die Serien: 980817761.4 ± .7 µGal

gew.Mittel über die Serien: 980817761.6 ± .7 µGal

G-MAX = 980817851. G-MIN = 980817674. G-BAND: 178.

Tabelle 2: Berechnungen der Station Ebreichsdorf

Ausreißer werden mithilfe eines statistischen Tests nach Nalimov erkannt und eliminiert und die statistischen Parameter neu berechnet.

Die Übereinstimmung der nach den verschiedenen Gesichtspunkten errechneten Mittelwerte ist ein Maß für die Güte der gesamten Beobachtung.

Die Bestimmung des lokalen Vertikalgradienten des Schwerevektors spielt eine wichtige Rolle für den Vergleich der Ergebnisse. Die entsprechenden Messungen werden mit LCR-Gravimetern durchgeführt.

Um Fehler aus den VG-Messungen zu minimieren, sind die Absolutschwerewerte in *Tabelle 3* für den Vergleich auf 80 cm Höhe bezogen.

| Station | Datum | Serien | Absolutschwere | σ | T | Luftdruck |
|-------------------|---------------|--------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------|
| | | Drops | μGal | μGal | $^{\circ}\text{C}$ | mbar |
| Unteraltdorf | 1990 11 21-22 | 8*120 | 980822405,7 \pm 4,1 | 24,8 | 24-28 | 990,7 |
| Tattendorf | 1990 11 22-23 | 10*120 | 980810472,4 \pm 4,2 | 38,5 | 14 | 981,9 |
| Franz-Josef-Warte | 1990 11 26 | 5*150 | 980795116,7 \pm 4,2 | 43,0 | 12-16 | 954,5 |
| Seibersdorf | 1990 12 06-07 | 18*120 | 980829427,6 \pm 4,1 | 39,0 | 24 | 1005,3 |
| Unteraltdorf | 1992 06 01-04 | 22*150 | 980822401,5 \pm 4,8 | 18,2 | 23 | 990,0 |
| Tattendorf | 1992 06 04-11 | 34*150 | 980810467,9 \pm 4,3 | 22,9 | 16 | 981,3 |
| Ebreichsdorf | 1992 07 26-28 | 24*150 | 980817778,7 \pm 4,2 | 42,8 | 24 | 1002,6 |
| Seibersdorf | 1992 08 03-05 | 24*150 | 980829441,8 \pm 4,1 | 28,8 | 25 | 999,7 |
| Franz-Josef-Warte | 1992 08 05-06 | 14*150 | 980795120,1 \pm 4,1 | 33,7 | 25 | 973,2 |
| Hirtenberg | 1992 12 15-18 | 34*150 | 980812856,7 \pm 4,3 | 30,2 | 13 | 994,9 |

Tabelle 3: Resultate der Absolutschweremessungen in Bezugshöhe 80 cm.

6) Einbindung der Absolutstationen in das Schweregrundnetz

Um weitere Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen wurden die Absolutstationen untereinander mit Relativgravimetern (LCR) verbunden und an das Österreichische Schweregrundnetz (ÖSGN) angeschlossen. Die Gegenüberstellung der berechneten Differenzen aus LCR-Messungen, ÖSGN-Ausgleich und Absolutschweremessungen sind in Tabelle 4 wiedergegeben. Sämtliche angegebenen Differenzen beziehen sich auf die Bodenpunkte der Absolutstationen.

Die Relativmessungen wurden mit zwei LCR-D Gravimetern zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt. Im ÖSGN-Ausgleich sind alle Absolut- und Relativmessun-

gen enthalten; die Ergebnisse sind auf ganze μGal gerundet. Grundwasserspiegelschwankungen sind hier nicht berücksichtigt.

| von - nach Station | Differenzen berechnet aus | | |
|-----------------------|---------------------------|-----------|------------------|
| | Relativmessungen | ÖSGN | Absolutmessungen |
| Hirtenberg | 2343,2 ± 8,4 | 2347 ± 7 | 2345,8 ± 7,3 |
| Tattendorf | -7325,6 ± 11,2 | -7329 ± 7 | -7326,2 ± 7,4 |
| Ebreichsdorf | -4573,7 ± 6,2 | -4592 ± 7 | -4591,9 ± 6,9 |
| Unterwaltersdorf | -7055,9 ± 10,6 | -7067 ± 7 | -7074,9 ± 8,4 |
| Seibersdorf | 34239,1 ± 4,6 | 34244 ± 7 | 34254,3 ± 8,6 |
| Franz Josef Warte | | | |

Tabelle 3: Vergleich der Relativ- und Absolutmessungen

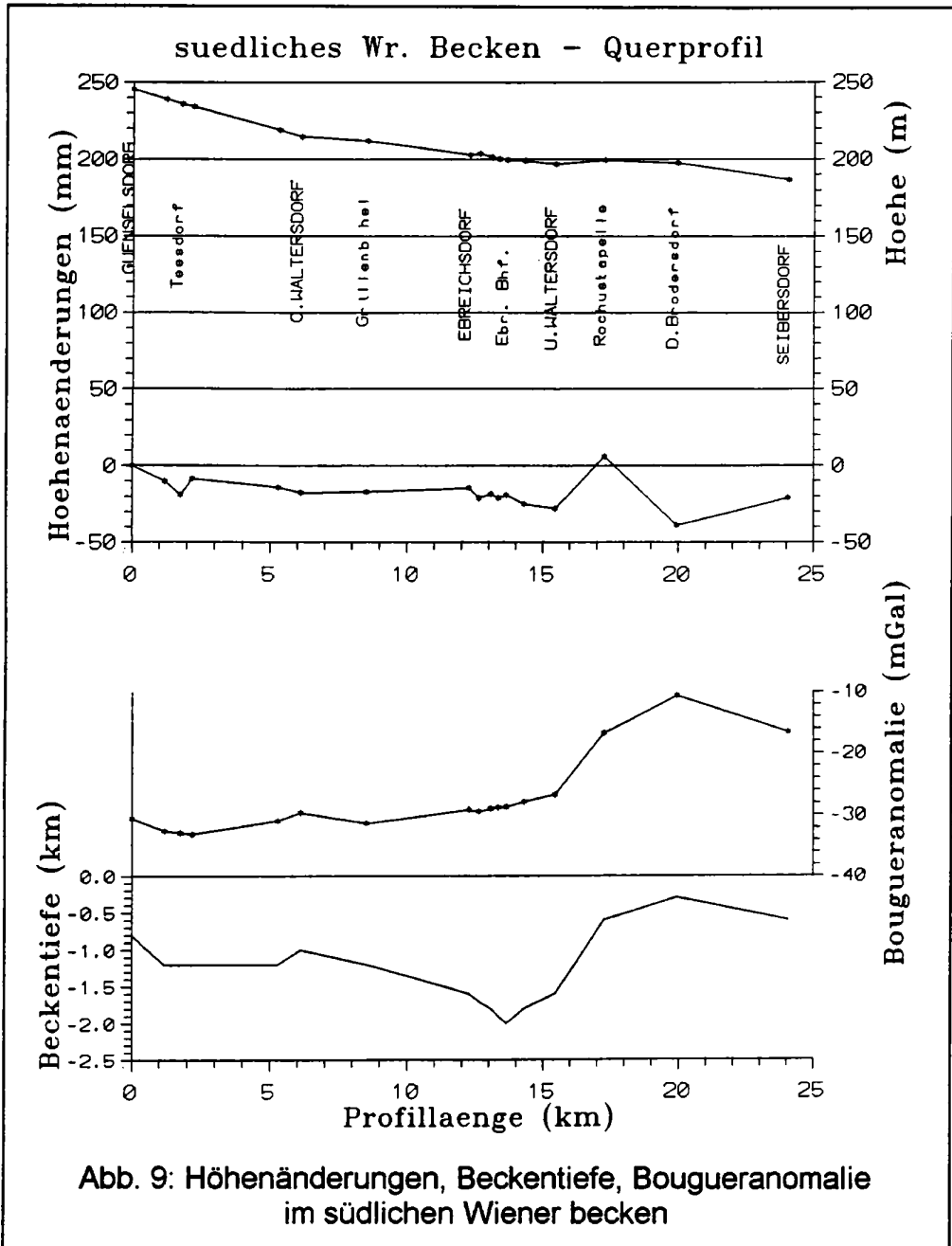
7) Höhenänderungen:

Im Jahre 1990 wurde vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen eine neue Nivellementlinie geschaffen in der die Absolutschwerestationen eingebunden wurden (Abb. 5). Diese neue Linie wurde so angelegt, daß möglichst viele alte, vorhandene Nivellementpunkte mitverwendet werden konnten. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, erste Abschätzungen für Vertikalbewegungen zu geben. Die Vergleiche beziehen sich auf Nachgeordnete (technische) Linien aus den Jahren 1950/51 und auf Präzisionslinien aus den Jahren 1965 und 1971. In den folgenden Diagrammen (Abb. 9) sind die Ergebnisse zwischen Günselsdorf und Seibersdorf dargestellt. Im Vergleich dazu sind Höhenlage, Beckentiefe und Bougueranomalie angegeben.

Zusammenfassung:

Die derzeit erzielbare Genauigkeit von Absolutschweremessungen von etwa 5 bis 10 μGal liegt an der Grenze der für die Aufgabenstellung des Projektes geforderten Präzision. Noch nicht alle möglichen störenden Einflüsse auf das Meßsystem sind verifiziert bzw. zahlenmäßig erfaßt worden. Hinzu kommt weiters die Nicht-eindeutigkeit bei der Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf tektonische Veränderungen, die nur unter Einbeziehung anderer geowissenschaftlicher Daten gelöst werden kann. Erst die Fortführung aller Untersuchungen über einen längeren Zeitraum wird es ermöglichen, signifikante Ergebnisse über diese langsam vor

sich gehenden Veränderungen zu erhalten und so diesen Bewegungsmechanismus verstehen zu lernen.



Referenzen:

- Boedecker G.: **International Absolute Gravity Basestation Network (IAGBN) - Absolute Gravity Observations Data Processing Standards & Station Documentation.** BGI, Bull. d'Inf., 63, 51-57, 1988.
- Boulanger Y., Faller J., Groten E., Arnautov G., Becker M., Bernard B., Cannizzo L., Cerutti G., Courtie N., Feng Youg-Yuan, Fried J., Guo You-Guang, Hanada H., Huang Da-Lun, Kalish E., Kloppin F., Li De-Xi, Leord J., Mäkinen J., Marson I., Ooe M., Peter G., Röder R., Ruess D., Sakuma A., Schnüll N., Stus P., Scheglov S., Tarasük W., Timmen L., Torge W., Tsobokawa T., Tsuruta S., Vänskä A., Zhang Guang-Yuan: **Results of the 3rd International Comparison of Absolute Gravimeters in Sévres 1989.** BGI, Bull. d' Inf. 68, Juin 1991.
- Cekan v., Kocák A., Tomek C., Wessely G., Zych D.: **Czechoslovak-Austrian Cooperation in Geophysical Structural Exploration in the Vienna Basin.** Thirty Years of Geological Cooperation between Austria and Czechoslovakia, Editors: D. Minariková, H. Lobitzer. Festive Vol., GBA Wien & Geological Survey Prague, 1990.
- Drimmel J.: **Rezente Seismizität und Seismotektonik des Ostalpenraumes.** Der geologische Aufbau Österreichs, GBA Wien, Springer Wien, New York, 1980.
- Faller J.E, Guo Y.G., Rinker R.L., Zumberge M.A.: **Advanced Absolute Gravity Determination.** Proceedings of the General Meeting of the IAG, 309-318, Tokyo, May 7-15, 1982.
- Gutdeutsch R., Aric K.: **Tectonic Block Models Based on the Seismicity in the East Alpine-Carpathian and Pannonian Area.** Geodynamics of the Eastern Alps. Deutice, Wien 1987.
- Ruess D.: **The Austrian Gravity Base Net as Base for Geotectonic Investigations.** Proceedings 1. Int. Symp. Gravity Field Determination and GPS-Positioning in the Alps-Adria Area. Dubrovnik and Hvar, Oct. 1989. Mitt. d. geodät. Inst. d. TU Graz, Graz 1990.
- Ruess D., Steinhauser P., Jeram G., Faller J.: **Neue Absolutschweremessungen in Österreich.** Tagungsber. 5. Int. Alpengravimetrie-Kolloquium Graz 1989, Österr. Beitr. zu Meteorol. u. Geophysik, 2, 95-110, Wien 1989.
- Wenzel H.-G.: **Nutzung von Schweremessungen für die Bestimmung rezenter Krustenbewegungen.** Univ.d.Bundeswehr München, Studiengang Vermessungswesen, Schriftenreihe, Heft 39, Rezente Krustenbewegungen, 109-129, Neubiberg, 1989.
- Wessely G.: **Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone.** Mitt. österr. geol. Ges., 76, 27-68, Wien 1983.
- Zumberge M.A., Rinker R.L., Faller J.E.: **A Portable Apparatus for Absolute Measurements of the Earth's Gravity.** Metrologia 18, 145-152, Springer Verl. 1982.

