

---

NEUE ABSOLUTSCHWEREMESSUNGEN IN ÖSTERREICH

D.Ruess  
P. Steinhauser, G.Jeram  
J.Faller

BEV Wien  
Uni Wien  
JILA (USA)

---

Einleitung

Mit dem im Jahre 1987 in Betrieb genommenen neuen Absolutgravimeter, das von J.Faller am Joint Institute for Laboratory Astrophysics an der University of Colorado entwickelt wurde, werden die Absolutbestimmungen der Erdschwerebeschleunigung in Österreich mit modernsten Mitteln fortgesetzt.

Bereits im Jahre 1874 begann Theodor von Oppolzer Schwerebestimmungen mit einem Repsold-Pendelapparat durchzuführen. Verschiedene Verbesserungen an diesem Pendelapparat ermöglichten 1884 mit der Basismessung an der Wiener Universitätssternwarte die Entwicklung des sogenannten Wiener Schweresystems. Pendelmessungen wurden in Österreich in der Folge bis 1954 durchgeführt, jedoch beschränkte man sich hier auf Relativbeobachtungen mit einem Sterneck-Pendel, das einen Genauigkeitsbereich von etwa 1-2 mgal erzielte.

In den letzten drei Jahrzehnten konnte jedoch die Pendel-Methode durch die Fortschritte, die bei Zeit- und Längenmessung erzielt wurden, von der Methode des freien Falles (einfacher - und symmetrischer - ) abgelöst werden. Sämtliche in letzter Zeit entwickelte Geräte nutzen hierbei die Prinzipien eines Michelson-Interferometers.

Im Jahre 1980 erfolgten in Österreich die ersten Absolutschweremessungen nach dieser Methode mit einem Gerät, das am Istituto di

Metrologia 'G.Colonnetti' (IMGC) in Kooperation mit dem Bureau - International de Poids et Mesures (BIPM, A. Sakuma) von Cerutti et al. konstruiert wurde. Dieses Gerät war das erste seiner Art, das so konstruiert war, daß man damit seit etwa 1976 auf Reisen gehen konnte. Es arbeitet nach der von A.Sakuma entwickelten Methode des symmetrischen freien Falles (d.i. Wurf und Fall) und erreicht eine innere Genauigkeit von etwa 8-10 Mikrogal. Die Messungen erfolgten in Graz, Altenburg, Kremsmünster und Penk. 1981 wurde von J.Faller ein von ihm, M.A.Zumberge und R.L.Rinker entwickeltes neues Absolutgravimeter vorgestellt, das nach dem Prinzip des einfachen freien Falles arbeitet, jedoch in Hinblick auf Transportierbarkeit leichter konstruiert war und vollautomatisch arbeiten konnte.

In Kooperation einiger wissenschaftlicher Institute Österreichs (Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Geologische Bundesanstalt, Institut für Theoretische Geodäsie und Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz, Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben, Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften) wurde ein von J.Faller in einer Kleinserie von sieben Stück gefertigtes Absolutgravimeter bestellt. Durch ein Verwaltungsübereinkommen ist das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen personell an der Durchführung der Messungen beteiligt.

Anfang Winter 1986 wurde das sechste Gerät dieser Serie ausgeliefert und an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, Hohe Warte in Probetrieb genommen.

#### Funktionsweise

Kernstück der Apparatur ist ein Michelson-Interferometer in Verbindung mit einem He-Ne Laser. Als Fallkörper dient ein Prisma, das in einer kleinen Liftkabine fällt, die berührungsfrei mithilfe eines elektrooptischen Regelsystems dem Fallkörper nachgeführt

wird (Abb.1). Nach jedem erfolgten Fallversuch wird der Fallkörper wieder zur Auslöseposition zurückgebracht. Die Abkoppelung des Referenzprismas von der seismischen Bodenunruhe wird mit einem eigens hierfür konstruierten langperiodischen Federsystem, der sog. 'Superspring', erzielt.

Die Interferenzsignale werden in einem Photomultiplier verstärkt und in Rechteckimpulse umgewandelt. Zu je 2000 gezählten Interferenzimpulsen wird die Zeit mit einem Rb-Quarz-Normal bestimmt. Pro Fallversuch werden 150 Interferenzpakete (= Weg-Zeit Wertepaare) bestimmt und an ein Polynom 2. Grades der Form:

$$y = x_0 + v_0 t + \frac{g}{2} t^2$$

angepaßt. Der Meßvorgang wird vollautomatisch mit einem kleinen PC der Type HP 9826 gesteuert und ausgewertet. Die Datenserien werden auf Disketten gespeichert.

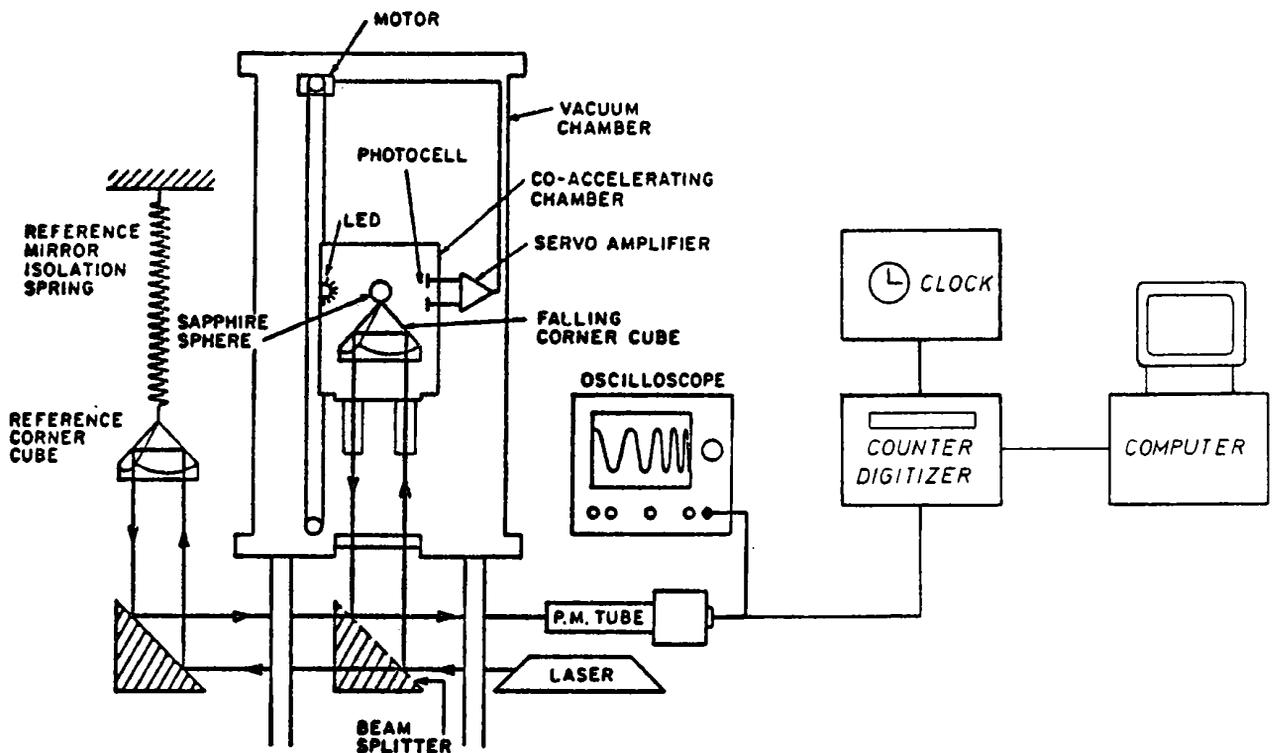


Abb.1: Funktionsschema des JILA-Absolutgravimeters

### Bisherige Meßverfahren

Die Apparatur, die einerseits aus sehr empfindlichen mechanischen Teilen besteht und andererseits aus hochempfindlichen elektronischen Komponenten, insbesondere solcher mit Rückkopplungssystemen, reagiert auf alle Arten äußerer Störungen. Die Bodenunruhe wird offensichtlich nicht zur Gänze von der 'Superspring' herausgefiltert. Jedenfalls zeigt sich immer wieder eine deutliche Verringerung der Streubreite während der Nachtstunden (siehe Beispiel Graz Abb.2).

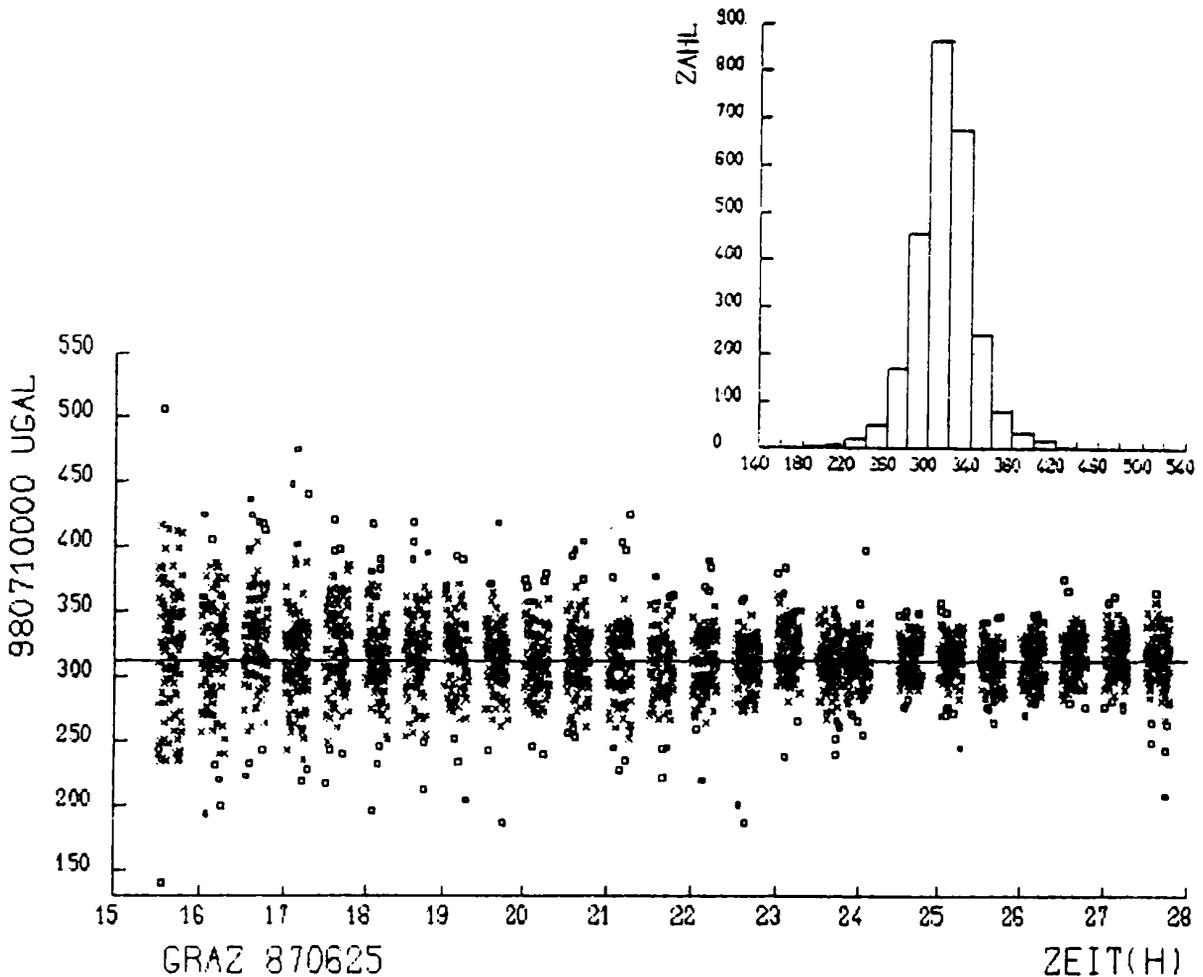


Abb. 2: Meßwertstreuung Station Graz 0-164-00

Die Elektronik ist überaus empfindlich gegenüber Netzschwankungen und Einstreuungen. Durch die Zwischenschaltung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) konnten die netzbedingten Störungen eliminiert werden. Außerdem kann dadurch ein Netzausfall bis zu ca. 30 min überbrückt werden. Durch entsprechende Erdung der Apparatur können ebenfalls unerwartete Effekte weitgehend reduziert werden. Ein weiteres Problem dürfte die Stabilität der Raumtemperatur darstellen. So besteht der Verdacht einer merklichen Änderung der Meßergebnisse von einigen Mikrogal bei sich ändernder Temperatur der Laser-Einheit (Schnüll 1989, pers. Mitt.).

Auch wurde in Obergurgl auf 1930 m Seehöhe ein Temperaturkollaps der Elektronik beobachtet. Stieg die Raumtemperatur über 23 Grad Celsius, so wurde der Drop-Auslösepunkt nicht mehr gefunden. Grund hierfür dürfte der geringe Luftdruck sein, der eine ordentliche Wärmeabfuhr der elektronischen Bauteile nicht mehr gewährleistet.

#### Zweck des Einsatzes eines Absolutgravimeters

Die Schwerebeschleunigung hat in der Physik fundamentale Bedeutung, da mit ihr das Gewicht und somit auch der Druck definiert ist. Moderne elektronische Waagen besitzen bereits einen Meßbereich von einigen Zehnerpotenzen und sind dadurch in ihrem Anwendungsbereich auf einen bestimmten Schwerefeldbereich beschränkt. Im Bereich der Geodäsie und der Geophysik steht die Schwerebeschleunigung in engem Zusammenhang mit der Erdfigur. Da die Erde nachgewiesenermaßen dynamischen Prozessen unterworfen ist, sind demnach auch Änderungen im Erdschwerefeld zu erwarten. Dies sind erstens langsame Änderungen sowohl periodischer als auch aperiodischer Natur, die im Zusammenhang mit der Rotation der Erde stehen: Änderungen der Rotationsgeschwindigkeit und vor allem der Lage der Rotationsachse.

Langsame, aperiodische Änderungen von großräumiger Natur mit relativ kleinen Beträgen werden durch großräumige Massenverlagerungen

verursacht, wie sie bei den tektonischen Plattenbewegungen auftreten, jedoch auch durch Massenveränderungen im Untergrund, die sich durch Dichteänderungen bei geochemischen Prozessen ergeben.

Weitere Änderungen im Schwerfeld sind durch oberflächennahe, kleinräumigere Massenverlagerungen zu erwarten, wie sie etwa bei tektonischen Bewegungen im Alpenraum auftreten. Dazu zählen ebenso Prozesse von Dichteänderungen im nahen Untergrund, wie sie durch die Setzung großer Sedimentpakete wie etwa im Wiener Becken entstehen, als auch Änderungen der Dichte, die sich durch den Abbau von Kohlenwasserstoffen ergeben.

#### Durchgeführte Messungen

Seit März 1987 wurden insgesamt 36 Serien an 15 Stationen gemessen. (Siehe Tab.1). Die meisten Meßserien (12) wurden naturgemäß in Wien durchgeführt, da diese Station auch als Referenzstation herangezogen wird, und in Obergurgl mit bisher 7 Serien. In Obergurgl soll der mögliche Einfluß der winterlichen Schneelast beobachtet werden. Die Messungen werden zur Zeit zweimal jährlich Anfang April und Anfang Oktober durchgeführt. Eine Ganzjahresbeobachtung mit Messungen im 4-Wochen-Rhythmus wäre jedoch anzustreben.

In Mannswörth bei Schwechat, wo die Sedimentmächtigkeit des Wiener Beckens 5000 m erreicht, wurde ebenfalls eine Station eingerichtet, die langfristig Aufschluß über rezente Schwereänderungen und damit verbundenen Bewegungen geben soll. Bisher wurden hier zwei Meßreihen durchgeführt. Ein Problem von besonderer Natur ergeben jedoch hier die relativ großen Grundwasserspiegelschwankungen.

Drei Stationen wurden in Vorarlberg im Bereich des Rheintales errichtet, die als Grundlage tektonischer Untersuchungen der Montanuniversität Leoben dienen.

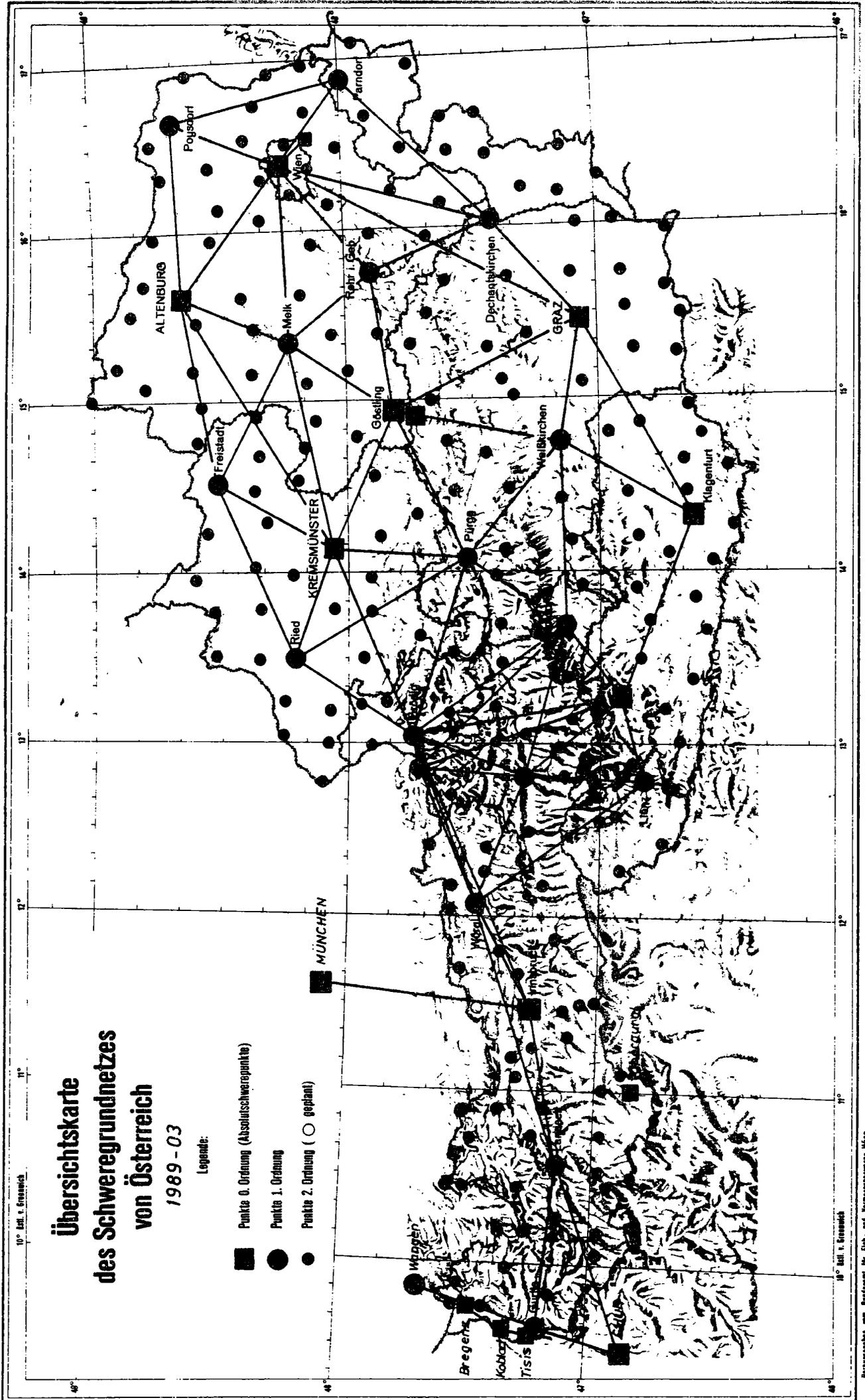
Datum	Station	Ort	Drops	Band- Breite	Schwere stat. +980E6 [Lugal]	Fehler ueber Boden	Hoehc V6	Druck Pol Korr. [Lugal]	ges. Korr. [Lugal]	Schwere + Boden [Lugal]
870316	0-059-00	Wien	2880	288	849342	1.4	0.832 261	-0.5 1.0	118	849560
8700506	0-059-00	Wien	6960	2800	849327	0.3	0.832 261	0.2 0.2	217	849545
870624	0-164-00	Graz	2640	647	715315	0.5	0.831 244	1.2 0.8	203	715518
870625	0-164-00	Graz	2625	366	715314	0.4	0.831 244	2.0 -0.8	204	715518
870720	0-059-00	Wien	1800	309	849351	0.8	0.824 261	0.3 1.2	214	849565
870924	0-059-10	Mannswcerth	900	968	837552	5.2	0.826 269	-5.7 -2.1	215	837767
870928	0-118-00	Innsbruck	900	133	546388	0.7	0.829 214	3.2 2.2	179	546567
870929	0-173-00	Obergurgl1	450	475	239784	3.1	0.831 189	1.8 -2.2	157	239941
870930	0-173-00	Obergurgl1	990	644	239772	2.9	0.831 189	1.8 -2.2	157	239933
880329	0-059-00	Wien	660	288	849357	1.0	0.832 261	0.1 0.7	217	849575
880330	0-059-00	Wien	300	196	849362	1.7	0.832 261	-2.2 0.7	215	849578
880406	0-173-00	Obergurgl1	1800	277	239775	0.7	0.839 189	-13.6 0.8	146	239921
880407	0-173-00	Obergurgl1	2160	313	239776	0.7	0.837 189	-14.0 0.8	145	239921
880517	0-050-00	Kremsmuenst.	1440	201	740978	0.4	0.842 301	-1.6 1.8	254	741232
880519	0-050-00	Kremsmuenst.	600	311	741019	0.8	0.839 301	-0.1 1.8	254	741273
880628	0-082-10	Bregenz	2160	1505	649922	1.8	0.840 225	-0.3 2.0	191	650113
880629	0-111-10	Koblach	1800	333	612186	1.3	0.835 295	0.3 2.1	249	612435
880630	0-140-00	Tisis	1440	165	588044	0.5	0.836 343	-1.1 2.1	288	588332
880929	0-173-01	Obergurgl2	300	141	239739	0.9	0.830 186	1.8 -0.1	156	239895
880930	0-173-01	Obergurgl2	360	84	239734	0.7	0.833 186	2.3 -0.2	156	239891
880930	0-173-01	Obergurgl2	1080	168	239742	0.5	0.833 186	2.9 -0.2	157	239899
881003	0-181-00	Penk	1920	(9703)	467600	2.6	0.847 221	3.2 -0.5	190	467790
881004	0-202-00	Klagenfurt	1440	283	620040	0.5	0.833 247	2.8 -0.5	208	620248
881006	0-071-00	Goestling	1440	207	681658	0.8	0.836 235	-1.9 -0.6	194	681852
881007	0-101-00	Hochkar	240	121	484365	1.2	0.839 355	-2.8 -0.7	294	484659
881008	0-101-00	Hochkar	180	124	484363	1.8	0.839 355	-2.3 -0.8	295	484658
881027	0-059-00	Wien	1440	204	849329	0.6	0.831 261	3.2 -1.9	218	849547
881108	0-059-00	Wien	2400	233	849326	0.5	0.834 261	4.1 -2.6	217	849545
881115	0-021-00	Altenburg1	1980	250	867131	0.5	0.849 308	4.1 -3.0	26	867393
881116	0-021-01	Altenburg2	2160	192	868713	0.3	0.840 265	4.3 -3.0	224	868937
881117	0-059-10	Mannswcerth	2880	1256	837420	3.0	0.844 269	3.0 -3.1	227	837647
890227	0-059-00	Wien	480	288	849337	2.1	0.844 261	-7.9 -2.	11	837547
890227	0-059-00	Wien	1440	364	849331	0.9	0.844 261	-7.3 -2.	1	837542
890228	0-059-00	Wien	1440	351	849328	1.0	0.844 261	-4.9 -2.	-13	837541
890301	0-059-00	Wien	1440	253	849336	0.9	0.843 261	-2.0 -2.	216	837552
890306	0-059-00	Wien	1800	381	849331	0.9	0.843 261	3.4 -2.	221	837552

Tab.1: Absolutschwere-Stationen in Oesterreich

# Übersichtskarte des Schweregrundnetzes von Österreich 1989 - 03

Legende:

- Punkte 0. Ordnung (Abschlussschwerpunkte)
- Punkte 1. Ordnung
- Punkte 2. Ordnung (○ geplant)



Weiters wurden die vier alten Absolutstationen aus dem Jahre 1980 neu gemessen. Die Stationen Göstling und Hochkar dienen als Absolutfestlegung der Gravimeter-Eichlinie, die im Jahre 1982 errichtet wurde.

Die übrigen Stationen (Innsbruck und Klagenfurt) wurden zur Abstützung des Österr. Schweregrundnetzes angelegt. Sämtliche Absolutmessungen wurden mit LCR-Gravimetern an das ÖSGN (1.Ordnung) angeschlossen (Abb.3).

#### Vergleich mit Messungen aus 1980

An den Stationen Graz, Altenburg, Kremsmünster und Penk wurde ein Vergleich zwischen den Messungen 1980 und 1987-88 durchgeführt (Abb. 4). Es zeigt sich hier ein deutlicher Zusammenhang zwischen Schwereniveau und Differenz. Die Regression läßt einen Korrekturfaktor von 1.00012 berechnen, um die beiden Meßserien anzugleichen. Interessanterweise zeigten sich bereits nach den ersten Verbindungsmessungen mit Relativgravimetern zwischen diesen vier 1980 gemessenen Stationen Korrekturfaktoren gleicher Größenordnung für die verwendeten LCR-Gravimeter.

#### Vergleich mit ÖSGN

Als Grundlage für die Berechnung des ÖSGN dienten die vier im Jahre 1980 in Österreich gemessenen Absolutstationen und die beiden Absolutstationen München und Chur (Abb.3). Aus den großräumigen Verbindungsmessungen zwischen diesen Punkten wurden die größten Schweredifferenzen für die Berechnung eines Maßstabsfaktors für die verwendeten LCR-Gravimeter herangezogen. Im Mittel ergab dies einen Maßstabsfaktor von ca. 1.00020 .

Der Vergleich zwischen den bisher verwendeten vorläufigen ÖSGN-Schwerewerten und den Absolutschweremessungen 1987-89 ist in Abb.5

Vergleich ABS 1980 / ABS 1987-88

	Schwere 1980 [mgal]	Schwere 1987/88 [mgal]	Diff. [ugal]
Altenburg	980 866.932+-10	980 866.969+-6	+37
Kremsmuenster	980 740.988+-10	980 741.011+-6	+23
Graz	980 715.342+-10	980 715.323+-6	-19
Penk	980 467.627+-10	980 467.613+-6	-14
-----			
max. Schwerediff.	399.305	399.356	

LINEARE REGRESSION Y=B\*X+A

B (Byx) = .12109 +/- 7.89E-2  
 A (Ayx) = -77.738 +/- 56.256  
 R = .735  
 N = 4

Korrekturfaktor = 1.00012

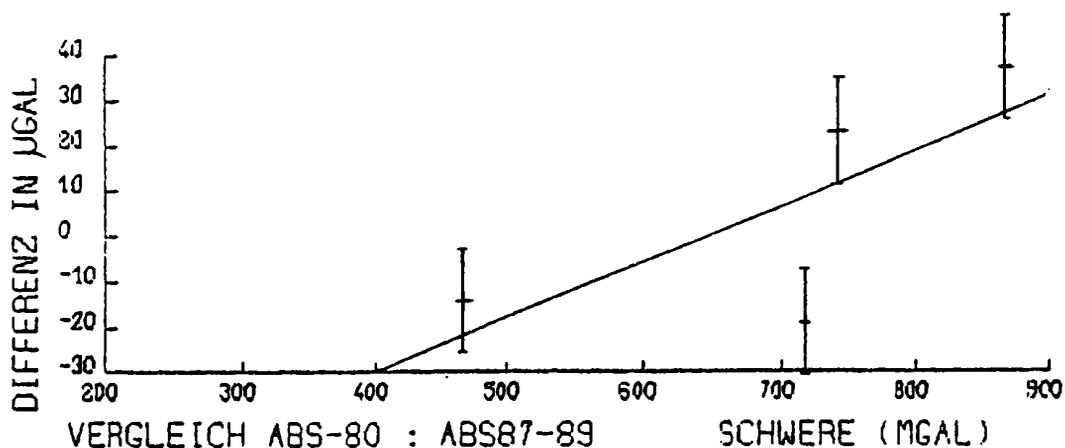


Abb.4: Vergleich der Messungen 1980/1987-88

Vergleich OESGN-80 / ABS 87-89

Punkt		g(OESGN80) [Mikrogal + 980000000]	g(abs87-89)	Diff.
0-021-00	abs 80	867346 10	867393 6	47
0-071-00		681816 11	681852 6	36
1-021-01		868907 10	868937 6	30
0-059-00		849526 10	849554 4	28
0-202-00		620235 10	620248 6	13
0-050-00	abs 80	741228 10	741239 21	10
0-111-10		612425 10	612435 6	10
0-101-00		484665 11	484659 4	-6
0-082-10		650126 12	650113 9	-13
0-181-00	abs 80	467804 10	467790 6	-14
0-164-00	abs 80	715533 10	715518 4	-15
0-140-00		588366 11	588332 6	-34
0-118-00		546614 11	546567 6	-47
0-173-00		240040 23	239924 4	-116
max. Schweredifferenz		627306	627469	

LINEARE REGRESSION  $Y=B*X+A$

B (Byx) = .20377 +/- 3.676E-2  
 A (Ayx) = -135.1 +/- 24.3  
 R = .848  
 N = 14

Korrekturfaktor = 1.00020

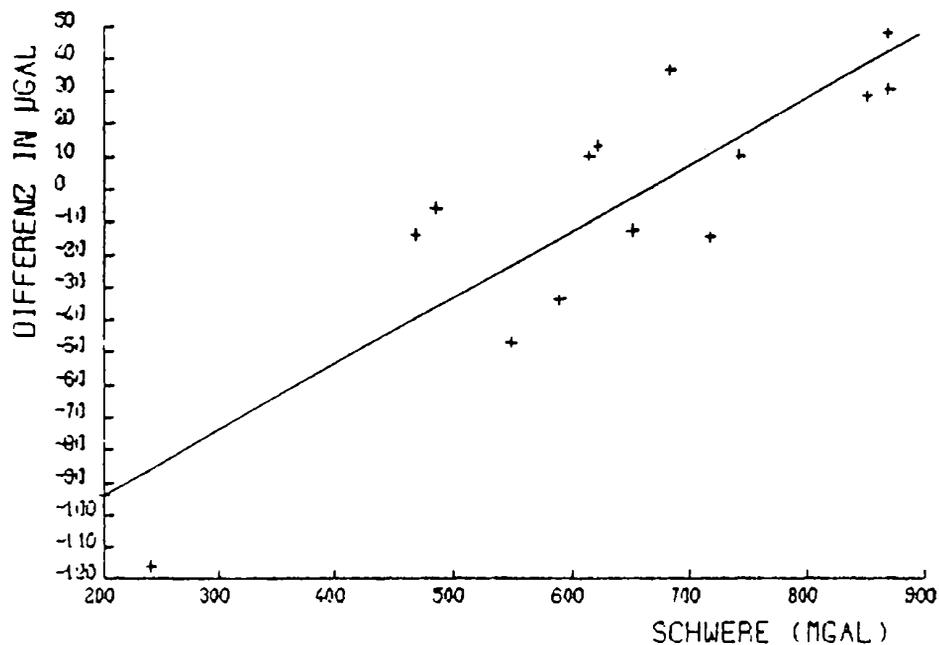


Abb.5: Vergleich ÖSGN 80 / ABS 1987-89

dargestellt. Es zeigt sich hier eine durchaus signifikante Regressionsgerade. Als Maßstabsfaktor errechnet sich ein Wert von 1.00020. Der bisher angewendete Korrekturfaktor ist somit einer sehr kritischen Betrachtung zu unterziehen.

### Luftdruck-Abhängigkeit

Nach bisherigen Erkenntnissen müßte die Wirkung der Luftmassen über einer Gravimeterstation mit 3-4  $\mu\text{Gal}/\text{hPa}$  zu Buche schlagen. Nach der IAG-Resolution Nr.9 im Jahre 1983 wäre für Absolutschweremessungen im Internationalen Absolutschwerenetz die Korrektur von -3  $\mu\text{gal}/\text{hPa}$  anzuwenden. Darüber hinaus sollten jedoch weiterhin Beobachtungen durchgeführt werden, die diese Festlegung überprüfen.

Die hohe Zahl an Meßserien in Wien erlaubt bereits einen Zusammenhang zwischen Luftdruck und Meßwert zu suchen. Die Einbeziehung aller Meßserien ist in Abb. 6 dargestellt. Am 26. Februar 1989 wurde in Wien der absolut tiefste je beobachtete Luftdruckwert registriert. Aus diesem Anlaß wurden in der Folge einige Meßserien gestartet, um eine Luftdruckabhängigkeit des Schwerewertes zu erfassen. Immerhin konnten Messungen über einen Druckbereich von 37 hPa durchgeführt werden. Der Luftdruck wurde bei diesen Messungen mit einem Digital-Barometer alle 30 Minuten registriert. Die Ergebnisse enttäuschen jedoch die gesteckten Erwartungen. Abschließend ist noch der Zusammenhang der vorangegangenen Messungen (1987-88) mit dem Luftdruck dargestellt.

### Ergebnisse aus Obergurgl

In Obergurgl wurden bisher drei Meßkampagnen durchgeführt, wobei die ersten Messungen im Sept. 1987 deutlich höhere Ergebnisse zeigen (Abb.7). Allerdings gab es bei diesen ersten Messungen Probleme mit der Einstreuung des elektrischen Feldes einer Stark-

Datum	Tag	Drops	Band-Breite	Schwere +980E6 [ugal]	stat. Fehler	Hoehe ueber 0.8m	dg	Pol Korrr. ---	Schwere +- Boden [ugal] ---	p [hPa]	dp
870316	75.0	2880	288	849342	1.4	0.032	8.4	1.0	849354 6	988.7	-1.7
870506	126.0	6960	2800	849327	0.3	0.032	8.4	0.2	849336 6	991.1	0.7
870720	201.0	1800	309	849351	0.8	0.024	8.3	-1.2	849356 6	989.3	-1.0
880329	454.0	660	288	849357	1.0	0.032	8.4	0.7	849366 6	989.9	-0.4
880330	455.0	300	196	849362	1.7	0.032	8.4	0.7	849371 6	982.9	-7.4
881027	666.0	1440	204	849329	0.6	0.031	8.1	-1.9	849335 6	1000.9	10.6
881108	678.0	2400	233	849326	0.5	0.034	8.9	-2.6	849332 6	1003.8	13.5
-----											
890227	789.0	480	288	849337	2.1	0.044	11.5	-2.	837347 6	964.	-26.
890227	789.5	1440	364	849331	0.9	0.044	11.5	-2.	837341 6	968.	-24.
890228	790.0	1440	351	849328	1.0	0.044	11.5	-2.	837338 6	974.	-16.
890301	791.0	1440	253	849336	0.9	0.043	11.2	-2.	837345 6	983.5	-6.7
890306	796.0	1800	381	849331	0.9	0.043	11.2	-2.	837340 6	1001.5	11.2

-2.5 ugal/hPa

-0.8 ugal/hPa

LINEARE REGRESSION Y=B\*X+A

Druckabhaengigkeit gesamt: -5.2 ugal/hPa

B (Byk) = -.192 +/- .32  
 A (Ayk) = 5.06 +/- 15.62  
 R = .185  
 N = 12

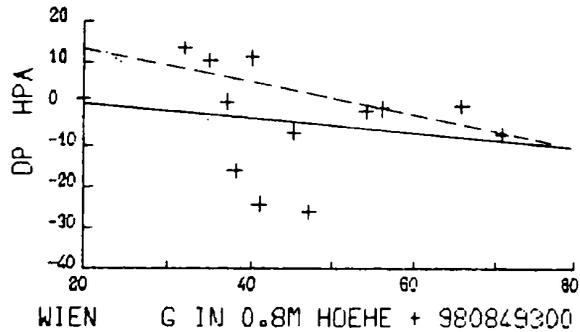


Abb.6: Luftdruck-Korrelation

Datum	Station	Drops	Band-Breite	Schwere +980E6 [ugal]	stat. Fehler	Hoehe ueber Boden	VG	Druck Korrr. [ugal]	Pol Korrr.	ges. Korrr. [ugal]	Schwere +- Boden [ugal]	Tag
870929	0-173-00	450	475	239784	3.1	0.831	189	1.8	-2.2	157	239941 7	272.
870930	0-173-00	990	644	239772	2.9	0.831	189	1.8	-2.2	157	239933 6	273.
880406	0-173-00	1800	277	239775	0.7	0.839	189	-13.6	0.8	146	239921 6	462.
880407	0-173-00	2160	313	239776	0.7	0.837	189	-14.0	0.8	145	239921 6	463.
880929	0-173-00	300	141	239764	0.9	0.830	186	1.8	-0.1	156	239920 6	638.
880930	0-173-00	360	84	239759	0.7	0.833	186	2.3	-0.2	156	239916 6	639.
880930	0-173-00	1080	168	239767	0.5	0.833	186	2.9	-0.2	157	239924 6	639.8
-----												
Mittel											239924.5	4.0

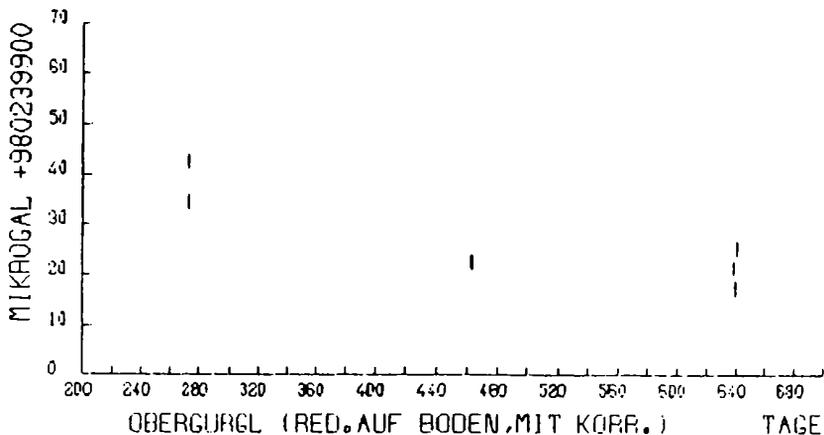


Abb.7: Ergebnisse aus Obergurgl

stromleitung. Möglicherweise wurde dadurch eine systematische Verfälschung der Daten bewirkt. Um mögliche Störungen durch Erschütterungen auszuschließen, die vom Haus übertragen werden (vor allem Schritte auf der naheliegenden Treppe), wurde im Sommer 1988 ein Sockel errichtet, der auf Fels gegründet ist und vom Haus durch eine Trennfuge im Fußboden isoliert ist.

#### Planung für 1989

- Im November 1989 ist in Sevres bei Paris eine weitere Absolutgravimeter Vergleichskampagne geplant. Zehn Länder haben ihre Teilnahme bereits zugesagt.
- Langzeitregistrierung in Obergurgl und Wien
- Jahresmessungen in Mannswörth
- Drei neue Stationen in der Steiermark
- Messungen für tektonische Bewegungen i.e. rezente Schwereänderungen.

## Literatur

- Alasia F., Cannizzo L., Cerutti G., Marson I.: Absolute Gravity Acceleration Measurements: Experiences with a transportable Gravimeter. *Metrologia* 4/82, 185-193, 1982.
- 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.
- Meurers B., Ruess D.: Errichtung einer neuen Gravimeter-Eichlinie am Hochkar. *ÖZfVermPh.*, 73, 3, 175-183, 1985.
- Rinker R.L.: Super Spring - A New Type of Low-Frequency Vibration Isolator. PhD Thesis, University of Colorado, 1983.
- Ruess D.: The Austrian Gravity Base Net. BGI, Bull.Nr.53, Dez. 1983.
- Ruess D.: Aufbau des Österreichischen Schweregrundnetzes. *Ber.Tiefb.Ostalpen*, 12, 17-20, 1985.
- Sakuma A.: Gravitational Acceleration, Mass, and Electrical Quantities; Present Status of the Absolute Measurement of Gravitational Acceleration. Precision Measurement and Fundamental Constants II, National Bur. Stand.(U.S.), Spec.Publ. 617, 397-404, 1984.
- Steinhauser P., Ruess D.: Absolute Datum for Gravimetric Research in Austria. *Arb.Z.A.f.Met.u.Geodyn.*, 67, 75-79, 1986.
- Steinhauser P.: Absolutschweremessungen in Österreich. Vortrag Th. Oppolzer-Symposium, Wien 1987.
- Torge W., Röder R.H., Schnüll M., Wenzel H.G., Faller J.E.: First Results with the Transportable Absolute Gravity Meter Jila-3. *Bull.Geod.* 61, 161-176, 1987.
- Van Dam T.M., Wahr J.M.: Displacements of the Earth's Surface Due to Atmospheric Loading: Effects on Gravity and Baseline Measurements. *JGR* 92/B2, 1281-1286, 1987.
- Wahr J.M.: Deformation Induced by Polar Motion. *JGR* 90/B11, 9363-9368, 1985.
- Zumberge M.A.: A Portable Apparatus for Absolute Measurements of the Earth's Gravity. PhD Thesis, University of Colorado, 1981.
- Zumberge M.A., Rinker R.L., Faller J.E.: A Portable Apparatus for Absolute Measurements of Earth's Gravity. *Metrologia* 18, 145-152 (1982).