
Ergebnisse von Erdzeitenregistrierungen in der Station Zagreb

H. Lichtenegger

TU Graz

K. Čolić

Universität Zagreb

1. Vorbemerkung

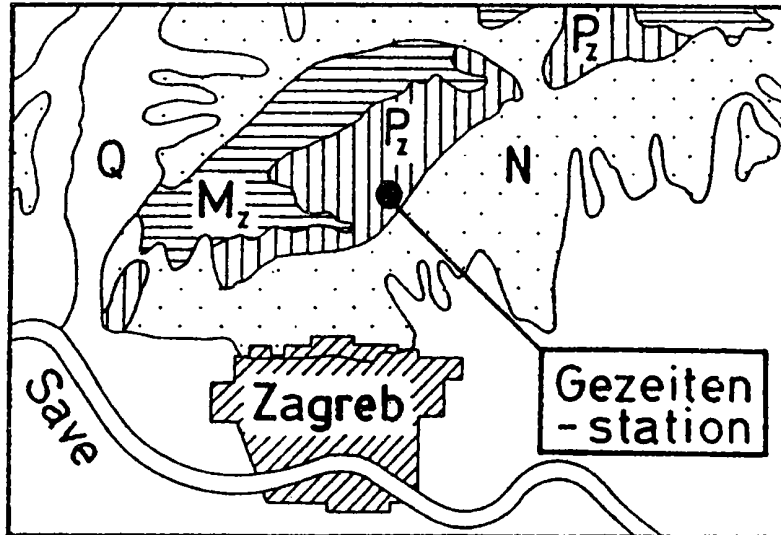
In einem Kooperationsvertrag zwischen der Geodätischen Fakultät der Universität Zagreb, dem Institut für Angewandte Geodäsie der TU Graz und dem Institut für Weltraumforschung der ÖAW in Graz wurde die Durchführung von Erdzeitenregistrierungen in der Station Zagreb vereinbart. Über die Zielsetzungen des gemeinsamen Projektes und über die Beobachtungen lag bereits beim letzten Alpgravimetrie-Kolloquium ein Kurzbericht von Lichtenegger (1986) vor. In der Zwischenzeit erfolgte die Auswertung und Analyse der Beobachtungen und die ausführliche Dokumentation der Ergebnisse durch Lichtenegger und Čolić (1988).

Der vorliegende Bericht ist daher als eine Zusammenfassung der durchgeführten Arbeiten unter besonderer Berücksichtigung der Präsentation von Ergebnissen zu werten.

2. Beobachtung und Auswertung

Zur Beobachtung der vertikalen Gezeitenkomponente wurde von der Grazer Gruppe das Gravimetersystem "Geodynamics TRG-151" samt Registriereinrichtung zur Verfügung gestellt und im Februar 1984 in der Station Zagreb installiert.

Die Gezeitenstation liegt etwa 12 km nordöstlich des Stadtzentrums und ist Teil eines unterirdischen Stollensystems im südöstlichen Teil des Berges "Medvednica". Dieser ist aus Schiefen bzw. Karbonaten u.a.m. aus dem Paläozoikum (Pz) bzw. aus dem Mesozoikum (Mz) aufgebaut und erhebt sich horstförmig über die später abgelagerten, meist quartären (Q) und neogenen (N) Sedimente, vgl. Fig 1



Figur 1: Gezeitenstation Zagreb (Breite 45.88° ,
Länge 16.00° , Höhe 345 m)

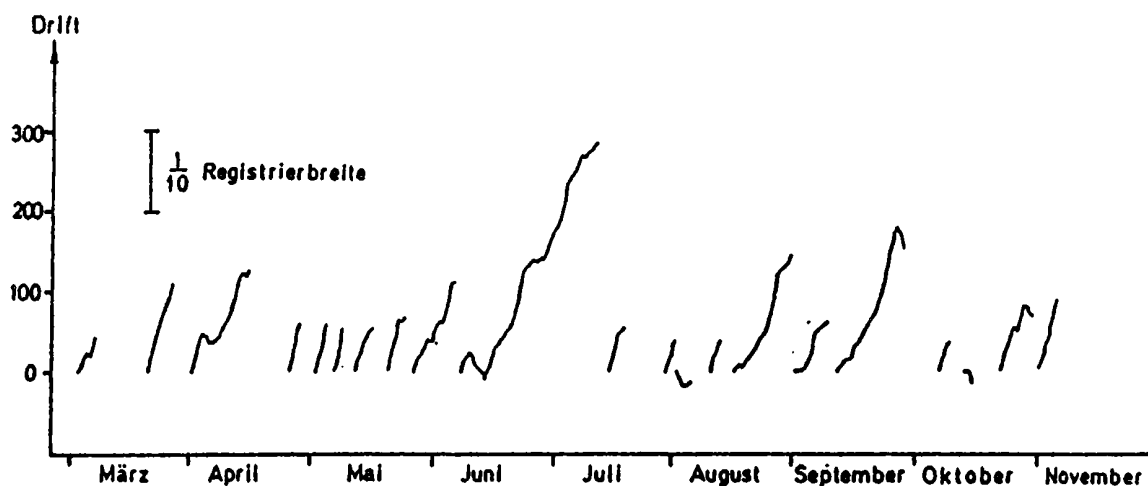
Die Betreuung der Station erfolgte durch Mitarbeiter der Geodätischen Fakultät in Zagreb. Sie beinhaltete monatlich etwa zehn Routinebesuche in der Station, bei der Zeitkontrollen, Driftkorrekturen und Eichungen des Gravimeter-Systems durchgeführt wurden. Die neunmonatige Beobachtungsperiode ist gekennzeichnet durch eine relativ große Anzahl von längeren Stromabschaltungen, welche auch durch das bereitgestellte Akku-System nicht immer überbrückt werden konnten. Dies führte zu einer Reduktion der Beobachtungsdaten, hatte aber, wie sich später zeigte, nur geringen Einfluß auf deren Qualität.

Die Auswertung der Beobachtungen, beginnend mit der Digitalisierung der Registrierstreifen bis hin zur Analyse, wurde von der Grazer Gruppe durchgeführt. Dies soll jedoch in Zukunft auch in Zagreb möglich sein. Insgesamt 204 Tage oder 75% der neunmonatigen Beobachtungen waren auswertbar. Nach der Digitalisierung wurden die Daten vor Weiterverwendung noch auf grobe Fehler geprüft. Die Berechnung der Nullpunktsgänge des verwendeten Gravimeters erfolgte mittels des Tiefpaßfilters nach Pertsev. Für die eigentliche Analyse stand in Graz ein Auswerteprogramm des Erdgezeitenzentrums (ICET) in Brüssel zur Verfügung, welches auf dem Venedikov-Verfahren basiert.

3. Ergebnisse

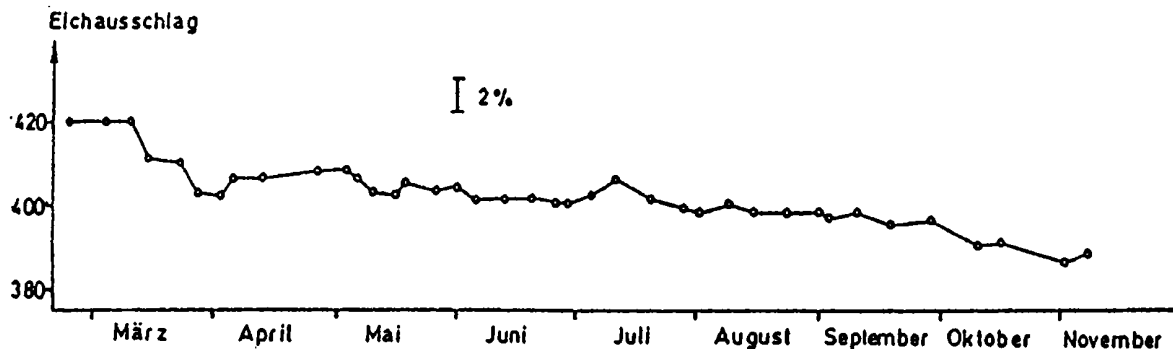
3.1. Beobachtungsergebnis

Der äußerst geringe Nullpunktsgang des Gravimeters ist in Fig. 2 dargestellt. Das Driftverhalten ist über die gesamte Beobachtungsdauer nahezu gleichförmig. Auftretende Schwankungen können durch Stationsbesuche, durchgeführte Eichungen oder Nachwirkungen von Driftkorrekturen erklärt werden. Bereits aus diesem Ergebnis kann auf die Eignung der Station Zagreb für Erdzeitenregistrierungen geschlossen werden.



Figur 2: Driftverhalten des Gravimeters

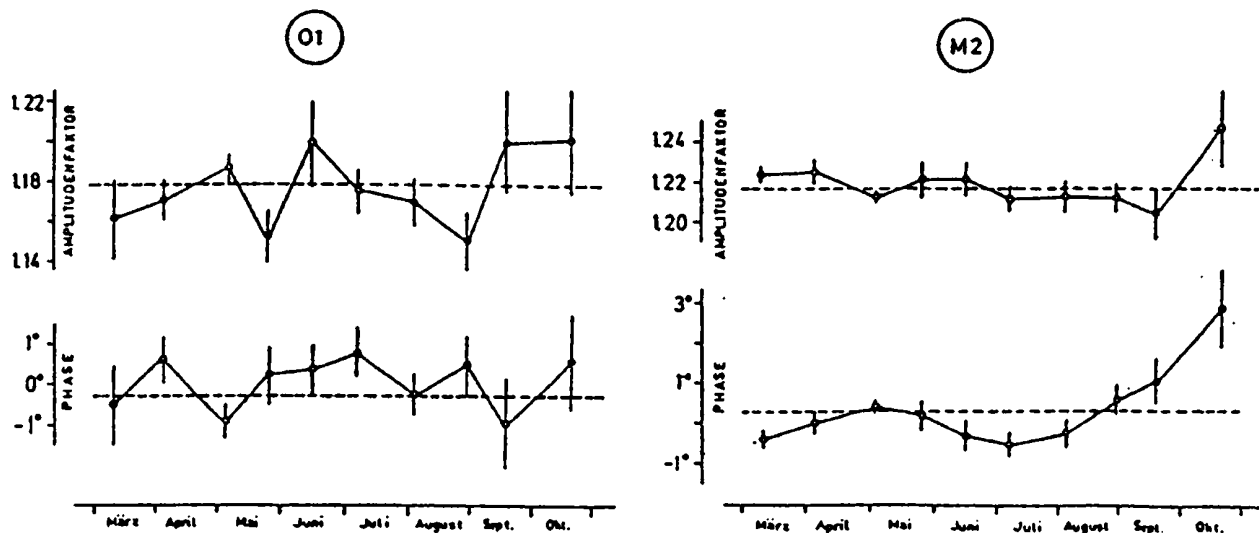
Die Eichung des Geodynamics-Gravimeters erfolgte indirekt nach der elektrostatischen Methode, wobei eine elektrische Spannung an eine oberhalb der Gravimetermasse fest angeordnete Kalibrierungsplatte gelegt wird. Dies führt zu einer Auslenkung des Massearms und damit zu einem meßbaren Eichausschlag auf der Registrierung, welcher proportional dem Quadrat der angelegten Spannung ist. Insgesamt wurden im Beobachtungszeitraum etwa 40 gleichmäßig verteilte Eichungen unter gleichzeitiger Messung der jeweiligen Eichspannung ausgeführt. Die ausgemessenen Eichausschläge sind in Fig. 3 dargestellt und zeigen trotz unverändert gebliebener Eichspannung eine lineare Empfindlichkeitsänderung um nahezu 10%. Die Korrelation dieser Änderung mit dem Driftverhalten ist evident.



Figur 3: Eichausschläge

3.2. Analysenergebnis

Um das zeitliche Verhalten der Analysenergebnisse zu prüfen, wurden vorerst für aufeinanderfolgende, unabhängige Intervalle von etwa 20 Tagen Teilanalysen durchgeführt. In der Fig. 4 ist das Ergebnis für Amplitudenfaktor und Phase der beiden Haupttiden O1 und M2 ausgewiesen. Wie zu erwarten sind die mittleren Fehler und die Streuungen im Fall O1 größer als im Fall M2. Hinzuweisen ist auf das quasi-zufällige Verhalten der gesuchten Größen bis zum September. Die ab diesem Zeitpunkt signifikant auftretenden Abweichungen sind durch Schwierigkeiten mit dem verwendeten Registrierschreiber erklärbar.



Figur 4: Ergebnisse von Teilanalysen

In der Tabelle 1 ist das Ergebnis der Gesamtanalyse in Form eines Computerausdruckes ausgewiesen.

STATION 0999 ZAGREB/YUGOSLAVIA																		

LATITUDE : 45.88 DEG																		
LONGITUDE: 16.00 DEG																		
HEIGHT : 345 M																		
VERTICAL COMPONENT																		
GEODYNAMICS 151 (CALIBRATED IN BRUSSELS)																		
INSTALLATION: LICHTENEGGER H. (TECHNICAL UNIVERSITY GRAZ)																		
MAINTENANCE : COLIC K. (GEODETSKI FAKULTET ZAGREB)																		
METHODE DES MOINDRES CARRES / FILTRES VENEDIKOV / LECTURES HORAIRES																		
POTENTIEL CARTWRIGHT TAYLER EDDEN / DEVELOPPEMENT COMPLET																		
CORRECTION D INERTIE PROPORTIONNELLE AU CARRE DES VITESSES																		
CALCUL COMPUTING CENTER GRAZ (RZG)/AUSTRIA UNIVAC 1100/81																		
TRAINAGE 01 1.48 M2 1.29 01/M2 1.15																		
CORRECTION D ATTENUATION M2/01 1.01789																		
GEO 151	84	2	26	84	2	26	84	3	2	84	3	10	84	3	14	84	3	14
GEO 151	84	3	19	84	3	27	84	3	31	84	4	14	84	4	22	84	4	26
GEO 151	84	5	1	84	5	7	84	5	10	84	5	22	84	5	25	84	6	4
GEO 151	84	6	7	84	7	11	84	7	14	84	7	18	84	7	28	84	8	5
GEO 151	84	8	10	84	8	12	84	8	15	84	9	8	84	9	11	84	9	27
GEO 151	84	10	5	84	10	7	84	10	12	84	10	14	84	10	20	84	10	28
GEO 151	84	10	31	84	11	4												
NOMBRE TOTAL DE JOURS 204																		
GROUPE SYMBOLE AMPLITUDE PHASE																		
EPOQUE CENTRALE																		
FACT.AMPL. DEPHASAGE																		
EQM EQM AMPLITUDE MOYENNE																		
INVERSION DU SENS DE LECTURE																		
1- 62 Q1			7.4395	154.70			1.1808	.0207		.91	1.00							6.4292
63- 88 O1			40.3924	127.29			1.1783	.0041		-.32	.20							33.7185
89-110 M1			3.0621	248.29			1.1063	.0379		-2.71	1.96							2.5212
111-120 P1			16.2003	184.85			1.1951	.0099		-.72	.48							17.7440
121-143 SLK1			52.3196	197.72			1.1569	.0030		-.04	.15							54.3089
144-165 J1			2.7363	167.50			1.1465	.0489		-2.10	2.44							3.1363
166-197 OOL			2.1434	83.07			1.1912	.0655		-.29	3.16							1.8750
ERREUR Q.M. D 6.089256																		
GROUPE SYMBOLE AMPLITUDE PHASE																		
EPOQUE CENTRALE																		
FACT.AMPL. DEPHASAGE																		
EQM EQM AMPLITUDE MOYENNE																		
INVERSION DU SENS DE LECTURE																		
198-236 2N2			1.0846	141.59			1.2167	.0800		6.68	3.84							1.2220
237-260 N2			7.2939	168.43			1.1754	.0164		-.39	.81							8.3362
261-286 M2			43.7941	142.76			1.2172	.0032		-.26	.15							45.0414
287-300 L2			.4845	248.50			1.0689	.1448		4.05	7.88							.7059
301-309 S2			19.8225	213.28			1.2368	.0070		1.10	.33							21.4103
310-347 K2			6.5807	34.19			1.2463	.0224		.36	1.05							6.6628
ERREUR Q.M. SD 5.111327																		
01/K1 1.0185			1-01/1-K1 1.1364				M2/01 1.0330											
GROUPE SYMBOLE AMPLITUDE PHASE																		
EPOQUE CENTRALE																		
FACT.AMPL. DEPHASAGE																		
EQM EQM AMPLITUDE MOYENNE																		
INVERSION DU SENS DE LECTURE																		
348-363 M3			.5516	121.53			.9930	.0617		-.26	3.55							.5088
ERREUR Q.M. TD 1.322993																		
EPOQUE DE REFERENCE TJJ- 2445883.0																		
204GRAV151																		

Tabelle 1: Ergebnis der Gesamtanalyse

In der Tabelle 1 ist vorerst die hohe innere Genauigkeit des Ergebnisses erwähnenswert. Diese kann sogar noch um mehr als 25% gesteigert werden, wenn die Daten ab September unberücksichtigt bleiben. Die Werte für Amplitudenfaktoren und Phasen erfahren dadurch keine Änderungen. Bemerkenswert ist weiters, daß die Resultate mit Ausnahme der Phasen im halbtägigen Spektrum nicht signifikant von den respektiven Werten in der Station Graz abweichen. Aus den dort durchgeführten Vergleichsmessungen mit anderen Gravimetertypen folgt aber, daß die Amplitudenfaktoren mit dem Grazer Geodynamics um etwa 1.4% zu hoch erhalten werden. Deshalb sind in der Tabelle 2 die reduzierten und derzeit plausibelsten Werte für Amplitudenfaktoren und -phasen in den beiden benachbarten Stationen Zagreb und Graz ausgewiesen. Die angegebenen Parameter sollten in Zukunft bei der Berechnung theoretischer Gezeiten berücksichtigt werden.

Station	Tide	Amplitudenfaktor	Phase
Zagreb	O1	1.162 ± 0.004	-0°3 ± 0°2
	M2	1.200 ± 0.003	0°3 ± 0°2
Graz	O1	1.168 ± 0.004	-0°1 ± 0°2
	M2	1.205 ± 0.001	0°8 ± 0°1

Tabelle 2: Amplitudenfaktoren und Phasen der Hauptwellen in den Stationen Zagreb und Graz

Das von etwaigen Eichunsicherheiten freie Verhältnis der Amplitudenfaktoren im halb- und gantägigen Spektrum liefert für Zagreb den Wert 1.033. Dieser entspricht in hohem Maß dem in Graz und auch in anderen Stationen gefundenen Verhältnis für Geodynamics-Gravimeter und bestätigt somit relativ die Zuverlässigkeit der für Zagreb gefundenen Amplitudenfaktoren.

Die Ergebnisse wurden gemäß den internationalen Vereinbarungen auch dem ICET in Brüssel mitgeteilt. Dort erfolgte auch die Berechnung des indirekten Effektes nach den ozeanischen Gezeiten-

karten nach Schwiderski und die Ableitung endgültiger Residualvektoren, vgl. Melchior (1988). In den Ergebnissen scheint sich eine vermutete Korrelation mit dem "heat flow" in diesem Gebiet zu bestätigen. Diesbezügliche Detailuntersuchungen stehen aber noch aus

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das erhaltene Ergebnis die Erwartungen bezüglich Genauigkeit erfüllt und auch die einwandfreie Eignung der Station Zagreb für Gezeitenregistrierungen nachgewiesen hat

4. Abschließende Bemerkungen

Nach dem erfolgreichen Abschluß des gegenständlichen Projektes war eine Fortsetzung und Erweiterung der Zusammenarbeit geplant. Insbesondere sollten die Beobachtungen mit einem anderen Gravimetertyp wiederholt, durch Horizontalpendelregistrierungen zur Ableitung des gesamten Gezeitenbeschleunigungsvektors ergänzt und zumindest auf die Satellitenstation Hvar erweitert werden. Leider konnten diese Vorhaben bisher noch nicht realisiert werden. Sie sind aber nach wie vor aktuell und sollten bei der Planung zukünftiger Aktivitäten im Bereich der Geodynamik des südosteuropäischen Raumes Berücksichtigung finden.

5. Literatur

Lichtenegger, H. (1986): Registrierung der vertikalen Erdgezeitenkomponente in der Station Zagreb. Tagungsbericht über das 4. Internationale Alpengravimetrie - Kolloquium, Wien 1986, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Publikation Nr. 323, Seiten 199-200.

Lichtenegger, H.; K. Čolić (1988): Erste Ergebnisse von Erdgezeitenregistrierungen in der Station Zagreb. Mitteilungen der Abteilung Satellitengeodäsie des Institutes für Weltraumforschung der ÖAW, Folge 7, 30 Seiten.

Melchior, P (1988): Persönliche Mitteilung.