



Beitrag zur Bestimmung der Vertikalkrustenbewegungen in Kroatien

L. Feil ¹, S. Klak ², M. Roic ³, Nevio Rozić ⁴

¹ *Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Kaciceva 26, 41000 Zagreb, Kroatien*

² *Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Kaciceva 26, 41000 Zagreb, Kroatien*

³ *Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Kaciceva 26, 41000 Zagreb, Kroatien*

⁴ *Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Kaciceva 26, 41000 Zagreb, Kroatien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **80** (2), S. 95–106

1992

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Feil_VGI_199207,  
Title = {Beitrag zur Bestimmung der Vertikalkrustenbewegungen in Kroatien},  
Author = {Feil, L. and Klak, S. and Roic, M. and Rozi{\`c}, Nevio},  
Journal = {{{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {95--106},  
Number = {2},  
Year = {1992},  
Volume = {80}  
}
```



Beitrag zur Bestimmung der Vertikalkrustenbewegungen in Kroatien

von L. Feil, S. Klak, M. Roic und N. Rožic, Zagreb

Summary

The purpose of this paper is to give the summary of the data preparation of Austro-Hungarian monarchy precise levelling network (Austrian network) on the territory of Croatia, Bosnia and Herzegovina and Slovenia. The results of measurements control, measurements accuracy examination and network datum analysis are presented. Datum comparison between the Austrian and the first precise levelling network 1946-1953 (I NVT) is carried out. Austrian precise levelling network in Croatia, Bosnia and Herzegovina and Slovenia is adjusted for the first time like a complete network. On the basis of the obtained results comparison between the Austrian and the I NVT in this area is possible. This examination will allow confident vertical crustal movements determination.

1. Einführung

Am Ende des vorigen Jahrhunderts wurden auf dem Gebiet der ehemaligen Österreichisch-Ungarischen Monarchie viele grundlegende geodätische Arbeiten in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der Internationalen Konferenzen, sowohl für wissenschaftliche als auch für praktische Bedürfnisse, ausgeführt. Die Ergebnisse solcher Arbeiten, in den Bereichen trigonometrische Punktbestimmung, Nivellements, astronomische und gravimetrische Messungen, Kartenreproduktion usw. wurden regelmäßig veröffentlicht und können für viele wissenschaftliche und praktische Untersuchungen gute Dienste leisten.

Die zweite allgemeine Konferenz der Regierungskommissäre für die mitteleuropäische Gradmessung (1867) hatte die Durchführung des Nivellements erster Ordnung, Nivellements von hoher Genauigkeit, empfohlen. Diese Arbeiten hat das Militär-Geographische Institut in Wien für das Gebiet der Österreichisch-Ungarischen Monarchie unter dem fachlichen Begriff Präzisions-Nivellement ausgeführt. In weiterer Folge wird dieses Nivellement als österreichisches bezeichnet.

Die Arbeiten wurden gegen 1884 begonnen und um 1909 beendet. Aus diesem sehr umfangreichen Material wurden besonders die Angaben und Resultate, die sich auf das Gebiet von Kroatien, Bosnien und Herzegowina sowie Slowenien beziehen, wegen der Untersuchung der rezenten Erdkrustenbewegungen und der Ausarbeitung der Linien gleicher Bodenbewegungen bearbeitet. Zwischen 1946–1953 wurden nämlich im damaligen Jugoslawien die umfangreichen Arbeiten des Nivellements von hoher Genauigkeit durchgeführt (in weiterer Folge als I NVT bezeichnet), und zwar größtenteils längs derselben Linie wie im österreichischen Nivellement. Deshalb besteht die Möglichkeit der Bewegungsbestimmung für einzelne identische Höhenpunkte, d. h. für solche die nicht vernichtet wurden und deren Lage man mit einer Punktbeschreibung identifizieren konnte. Die ersten Untersuchungen hat Klak 1958 und 1964 durchgeführt.

2. Die Datenvorbereitung

Das österreichische Präzisions-Nivellementnetz des Militär-Geographischen Institutes Wien umfaßt die Länder der Österreichisch-Ungarischen Monarchie und ist provisorisch in mehreren größeren Gruppen ausgeglichen. Abbildung 1 stellt jenen Teil von diesem Höhennetz dar, der das Gebiet von Kroatien, Bosnien und Herzegowina und

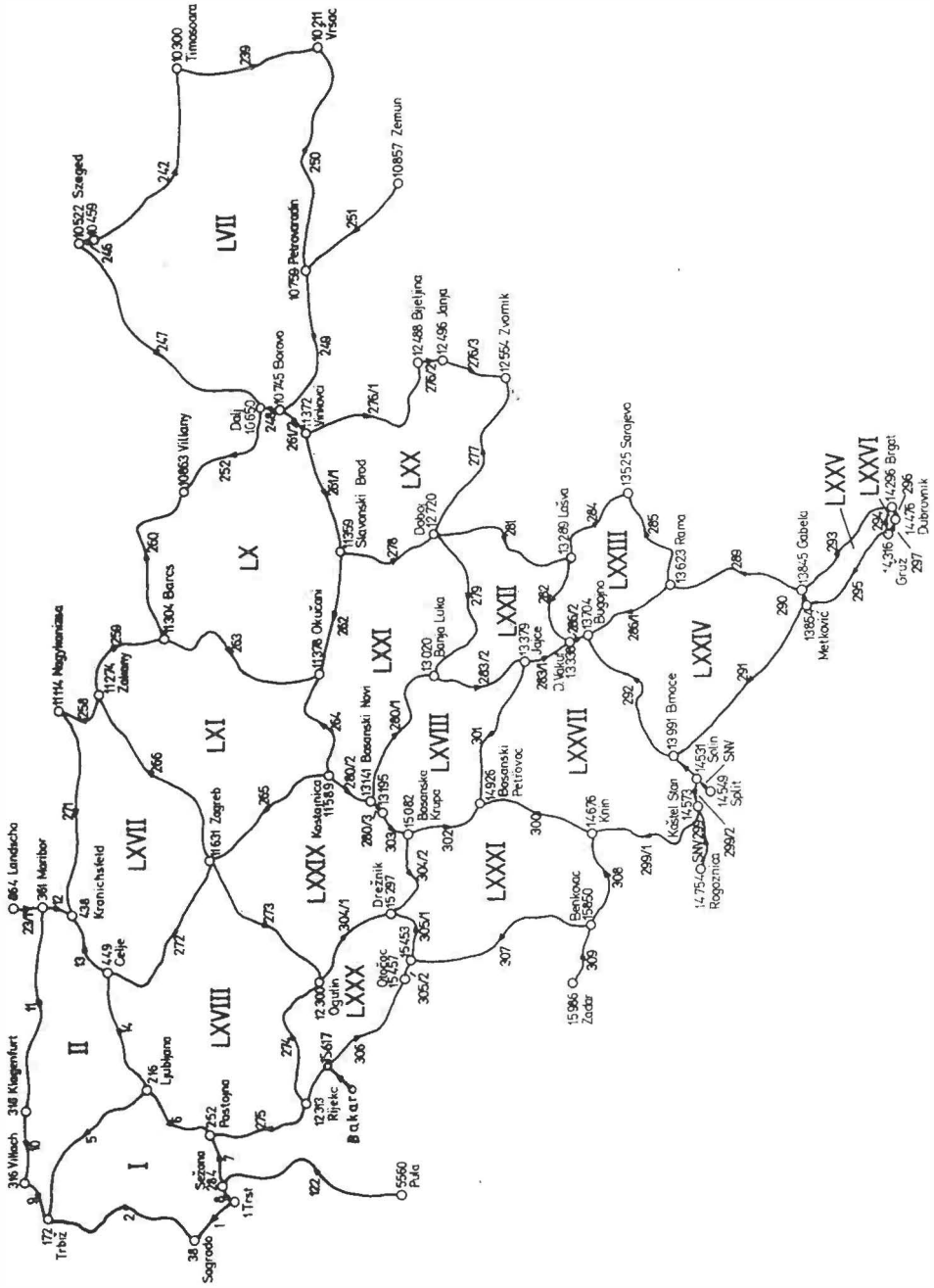


Abb. 1: Österreichisches Präzisions-Nivellementnetz des Militär-Geographischen Institutes Wien

Nivellmentslinie 6						
B.V.252 Adelsberg - B.V.216 Mauthhaus an der Savebrücke						
Laufende Nummer	Geograph. Breite o ' "	Entfernung m	Mittlerer Höhenunterschied m	Orthom Korr. mm	Orthom. Höhenunterschied m	Bemerkung
B.V.252	45 46 28	0.000	0.0000	0.0	0.0000	
B.V.253	45 47 22	2.148	39.5882	-0.8	39.5874	
B.V.254	45 48 30	2.736	24.0987	-1.1	24.0976	
B.V.255	45 50 16	5.611	-155.0272	-1.4	-155.0286	
B.V.256	45 53 5	7.392	60.7816	-2.2	60.7794	
B.V.261	45 54 44	4.222	-36.6352	-1.3	-36.6365	
B.V.267	45 56 48	6.367	-17.1416	-1.5	-17.1431	
B.V.273	45 58 2	7.254	-174.3481	-0.7	-174.3488	
B.V.275	46 0 30	6.109	7.2928	-1.1	7.2917	
B.V.277	46 1 30	5.319	5.2514	-0.5	5.2509	
B.V.280	46 2 13	3.762	-8.2835	-0.3	-8.2838	
B.V.282	46 3 30	4.589	1.0628	-0.6	1.0622	
B.V.283	46 5 5	2.915	5.0003	-0.7	4.9996	
B.V.216	46 6 4	1.996	-8.9183	-0.4	-8.9187	
		60.420	-257.2781	-12.6	-257.2907	
Nivellement auf der:				Eisenbahn und Strasse		
Beobachtungsjahr:				1873, 1877		
Beobachter:				Steffan, Randhartinger		
Instrument:				2473, 2986		
Nivellierlatten:				A, F		
B.V.				H.M. (Höhenmarke)		

Tabelle 1

Slowenien umfaßt. Wegen der Höhenverbindung ist diesem Netz noch eine Linie beige-fügt, vom Höhenpunkt am Gebäude des Mareographen (Flutmesser) in Bakar (B. V. Bakar) bis zur nächsten österreichischen Höhenmarke B. V. 15617.

Bei diesen Untersuchungen wurde nur in die Höhenmarken eingegriffen, weil die Steinmarken schon lange vernichtet sind. Im Grenzgebiet zu Italien, Österreich, Ungarn und Rumänien sind in die Analysen gesamte Nivellements Schleifen einbezogen. Die Nummern von Knotenhöhenpunkten und Schleifen sind dieselben wie in den Originalangaben (Abb.1). Die Ergebnisse der Beobachtungen der österreichischen Präzisions-Nivellements wurden in den Publikationen des Militär-Geographischen Institutes 1896 (westlicher Teil, Linien 1-139), 1897 (nördlicher Teil, Linien 140-213) und 1899 (südwestlicher Teil, Linien 214-275) veröffentlicht. Die theoretische Erläuterung des Projektes, Beobachtungsmethoden, Handhabung von Instrumenten usw. ist in der Publikation von 1875 enthalten.

In den erwähnten Veröffentlichungen sind alle unentbehrlichen Angaben über Beobachtungen, Berechnungen und provisorische Ausgleichung enthalten (aber nur für die Linien 1–275). Auf Grund solcher Angaben wurde eine Datenbank erstellt, welche neben den anderen Angaben definitive Resultate der beobachteten Höhenunterschiede (Mittelwerte) und mit Normalschwere ausgerechnete orthometrische Korrekturen enthält. Tabelle 1 gibt Einblick in eine solche Datenbank.

Aber für die Linien 276–309 waren so geordnete Angaben (Ergebnisse) nicht erreichbar. Deshalb wurden, mittels der Angaben über die provisorische Ausgleichung und Schleifenwidersprüche, aus den Publikationen des Militär-Geographischen Institutes 1899, 1900, 1901, 1902, 1905, 1907 und 1909, die Mittelwerte der normalorthometrischen Höhenunterschiede berechnet. Außerdem wurden für alle diese Linien, wegen der Ergänzung der Datenbank und Überprüfung der Ausgleichung, normalorthometrische Korrekturen ausgerechnet. Für diesen Zweck wurden in die Karten 1:100,000 aus den Dreißigerjahren die Orte der Höhenmarken mittels zur Verfügung stehenden Daten eingetragen. Auf Grund solcher Karten wurden die geographischen Breiten festgelegt und in die Datenbank einbezogen. Auf diese Weise wurden auch für die Linien 276–309 alle Angaben zusammengestellt, wie für die Linien 1–275, und in die Datenbank eingegliedert. Hierbei wird betont, daß in dieser zweiten Gruppe größtenteils die Linien enthalten sind, die sich auf dem Gebiet von Kroatien und Bosnien und Herzegowina befinden. Demzufolge sind alle unentbehrlichen Angaben für die Untersuchungen und Analysen in der einheitlichen Datenbank enthalten.

3. Die Netzausgleichung

Alle Vorarbeiten wie auch die weiteren Erläuterungen sind erforderlich wegen der Tatsache, daß das österreichische Höhennetz nicht in einem Guß ausgeglichen wurde, sondern in einigen Teilen, um die Meereshöhen für die praktischen Zwecke zu bestimmen. Besonders bezieht sich das auf die Linien 276–309, bei welchen die einfachste Methode der Ausgleichung angewendet wurde: die Ausgleichung der Nivellementlinie jeweils zwischen zwei gegebenen Meereshöhen.

Deshalb soll man das ganze Nivellementnetz auf dem Gebiet von Kroatien, Bosnien und Herzegowina und Slowenien in einem Guß ausgleichen, um die Fehler im Berechnungsvorgang zu vermeiden und die wahrscheinlichsten Meereshöhen für alle Höhenmarken im einheitlichen System zu berechnen. Die Widersprüche der Nivellementschleifen befinden sich in der Tabelle 2.

Auf Grund der Angaben in der Tabelle 2 wird der mittlere Fehler $\pm 4,8 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$ berechnet, was eine ziemlich hohe Genauigkeit in Anbetracht der benutzten Instrumente und Arbeitsmethoden ist.

Wenn man die Größen der Widersprüche der einzelnen Schleifen vergleicht, dann kann man feststellen, daß der größte in der Schleife LXVII (ca. 24 cm) ist, und nach der Eliminierung der Linie 266 (Verbindung der Schleifen LXVII und LXI) der kleinere Widerspruch resultiert.

Es ist interessant, daß sich diese zwei Schleifen teilweise auf dem Gebiet von Zagreb befinden, wo am 9.11.1880 ein ziemlich starkes Erdbeben war. Nach diesem Erdbeben hat das Militär-Geographische Institut umfangreiche trigonometrische und Nivellementarbeiten in diesem Gebiet ausgeführt, um etwaige Folgen des Erdbebens festzustellen. In weiterer Folge werden nur die Resultate der Nivellementarbeiten untersucht. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen und Analysen wurden in der Publikation des Militär-Geographischen Institutes Wien 1895 veröffentlicht. In einigen Abschnitten der Linien 265 (Zagreb–Lekenik), 266 (Zagreb–Vrbovec), 272 (Zagreb–Sutla) und 273 (Zagreb–Jaska) wurden Präzisionsnivelement-Messungen unmittelbar vor und nach dem Erdbeben durchgeführt. Aus den



Eine Klasse Sache

Klasse 1

Klasse 2

Klasse 3

Stellen Sie sich Ihr eigenes Meßsystem mit diesen Bausteinen zusammen: ✓ Dem Basisinstrument mit einem nahezu unübertrefflichen Betriebssystem, dem 2-achsigen Stehachsenkompensator, der seriellen Zweirichtung-Datenkommunikation, der koaxialen Optik und vielen anderen Funktionen, die Ihre Arbeit effizienter, zuverlässiger und angenehmer machen. ✓ Drei Klassen für Genauigkeit und Reichweite. ✓ Numerische Tastatur. ✓ Alphanumerische

Tastatur: ✓ Servo-Antrieb. ✓ Mechanischer Antrieb. ✓ Kapazität des internen Speichers von 1000 bis zu 10.000 Punkte. ✓ Kapazität des externen Speichers für bis zu 3000 Punkte. ✓ 10 verschiedene Programme zur Daten-erfassung und für Feldberechnungen. ✓ Die RPU 500 ermöglicht Ihnen, während Sie am Meßpunkt stehen, zu messen, zu speichern, Meßwerte zu berechnen und Daten zu überprüfen.

Stellen Sie sich Ihr eigenes Meßsystem zusammen!

Was würden Sie tun, wenn Sie Ihr eigenes Meßsystem nach Ihren Wünschen zusammenstellen könnten? Sie würden es Ihrer Arbeitsweise und Ihren Aufgaben anpassen. Richtig? Wie sollte Ihr Ergebnis sein? Sollte es nicht zuverlässiger und gewinnbringender sein? Selbstverständlich! Das ist kurz gesagt die Philosophie, die hinter dem System 500 steht. Dem System, das Sie nach Ihren Anforderungen zusammensetzen.

Es ist leicht. Sie beginnen mit der Entscheidung, welche Genauigkeit und welche Reichweite Sie wünschen. Dazu gibt es noch weitere 20 Funktionen, die Sie wählen und mit Ihren Ansprüchen in Einklang bringen können. Kreieren Sie Ihr „Trauminstrument“, wir machen dann Wirklichkeit daraus. Mit anderen Worten: Sie wählen die Spezifikationen und den Preis. Das ist Freiheit!

Geodimeter System 500

Die Freiheit wählen zu können

Interessiert? Rufen Sie uns an und vereinbaren Sie einen Termin mit uns oder fordern Sie einen Prospekt an. Wir geben Ihnen 65 triftige Gründe, sich für das Geodimeter System 500 zu entscheiden.

Den Coupon bitte kopieren oder ausschneiden und an uns schicken oder faxen. Geotronics GmbH, Feldstraße 14, W-6108 Weiterstadt. Fax: (06151) 89 11 23.

Ja! Ich möchte selbst kreativ sein.

Ich möchte eine unverbindliche Vorführung

Ich möchte ausführlichere Informationen über das System 500

Name _____

Firma _____

Straße _____

Ort _____

Telephon _____



Nivellements- schleife	Widerspruch ω m	Länge S k m
I	0.0879	371.828
II	0.0862	436.124
LVII	0.0893	600.475
LX	-0.1479	455.476
LXI	0.1252	446.334
LXVII	-0.2392	410.676
LXVIII	-0.0821	516.051
LXX	0.0464	414.094
LXXI	0.0287	458.872
LXXII	0.0139	405.690
LXXIII	-0.0265	279.438
LXXIV	-0.0756	424.953
LXXV	0.0378	199.948
LXXVI	-0.0006	20.577
LXXVII	-0.1045	518.401
LXXVIII	0.0258	357.502
LXXIX	0.1849	411.274
LXXX	-0.0021	342.300
LXXXI	0.1266	505.748
Umfangs- schleife	0.1742	2869.057

Tabelle 2

Differenzen der beiden Nivellements konnte man Rückschlüsse auf eventuelle Wirkungen des Erdbebens ziehen, auch auf dem weiten Gebiet von Zagreb.

Die Resultate dieser Untersuchung hatten keine signifikanten Bewegungen ergeben. Inzwischen gibt es bei diesen Angaben nicht immer Übereinstimmung: obwohl alle Beobachtungen in den Linien 265 und 272 vor dem Erdbeben durchgeführt wurden, wird für einige Beobachtungen angemerkt, daß sie erst nach dem Erdbeben erfolgten. Die Daten für die Linien 265, 266 und 272 (nach dem Erdbeben) (Militär-Geographisches Institut 1895) sind dieselben wie die Angaben für die Beobachtungsjahre 1878 und 1879 (Militär-Geographisches Institut 1899), berechnet ohne orthometrische Korrekturen. Die Beobachtungen der Linien 266 und 273 (vor dem Erdbeben) wurden nur in einer Richtung durchgeführt. Obwohl diese Angaben nicht in voller Übereinstimmung sind, wurde der Schleifen-schlußfehler für die Schleife LXVII noch einmal mit diesen Angaben berechnet.

Nach den Angaben der Tabelle 2 beträgt der Widerspruch für die Schleife LXVII nach dem Erdbeben -0.2392 m, vor dem Erdbeben -0.1779 m. Demnach kann man annehmen, daß vielleicht die Linie 266 einen Fehler in den Beobachtungen enthält.

Höhenmarke	mit Linie 266		ohne Linie 266	
	Meereshöhe	mittlerer Fehler	Meereshöhe	mittlerer Fehler
	■	■ ■	■	■ ■
B. V. BAKAR	2.7803	± 53.51	2.7861	± 45.69
B. V. 38	31.1449	± 28.73	31.1438	± 24.51
B. V. 172	732.6616	± 44.72	732.6573	± 38.18
B. V. 216	296.1438	± 42.15	296.1431	± 35.96
B. V. 252	553.4157	± 32.89	553.4172	± 28.06
B. V. 284	361.2248	± 20.48	361.2253	± 17.48
B. V. 316	504.9208	± 49.58	504.9148	± 42.35
B. V. 318	443.3895	± 54.19	443.3808	± 46.33
B. V. 361	270.2014	± 54.61	270.1847	± 46.96
B. V. 438	272.4732	± 53.65	272.4557	± 46.17
B. V. 449	240.2539	± 50.01	240.2532	± 42.67
B. V. 5560	31.6186	± 60.89	31.6191	± 51.95
B. V. 10211	102.1971	± 92.40	102.1692	± 79.44
B. V. 864	265.9774	± 60.47	265.9607	± 51.92
B. V. 10300	91.1449	± 92.84	91.1167	± 79.82
B. V. 10459	85.9591	± 88.54	85.9305	± 76.20
B. V. 10522	83.6434	± 88.22	83.6148	± 75.93
B. V. 10650	101.0852	± 72.33	101.0560	± 62.54
B. V. 10745	91.4189	± 71.76	91.3918	± 61.96
B. V. 10759	83.0359	± 83.11	83.0085	± 71.56
B. V. 10857	78.2428	± 92.78	78.2154	± 79.74
B. V. 10863	109.3135	± 72.25	109.2754	± 63.08
B. V. 11114	151.5277	± 61.06	151.4641	± 56.67
B. V. 11274	132.2200	± 60.11	132.1461	± 57.48
B. V. 11304	108.4742	± 64.18	108.4230	± 57.63
B. V. 11359	94.8550	± 67.88	94.8356	± 58.31
B. V. 11372	93.3210	± 70.97	93.2959	± 61.18
B. V. 11378	119.9180	± 64.46	119.8994	± 55.38
B. V. 11589	112.5037	± 60.45	112.5045	± 51.57
B. V. 11631	123.6492	± 55.01	123.6798	± 48.15
B. V. 12300	324.3387	± 55.68	324.3514	± 47.71
B. V. 12313	5.0581	± 48.54	5.0641	± 41.47
B. V. 12488	95.1209	± 77.14	95.1000	± 66.22
B. V. 12496	107.2353	± 77.36	107.2149	± 66.39
B. V. 12554	150.6659	± 77.26	150.6475	± 66.23
B. V. 12720	145.1509	± 68.68	145.1377	± 58.77
B. V. 13020	168.7783	± 67.04	168.7732	± 57.22
B. V. 13141	123.7817	± 60.96	123.7819	± 52.01
B. V. 13195	122.2298	± 60.99	122.2300	± 52.03
B. V. 13379	387.7056	± 67.92	387.7014	± 57.96
B. V. 13338	519.1964	± 69.54	519.1913	± 59.35
B. V. 13289	360.1300	± 72.10	360.1228	± 61.56
B. V. 13525	512.2525	± 76.44	512.2462	± 65.25
B. V. 13623	222.0140	± 74.96	222.0087	± 63.98
B. V. 13704	577.4721	± 70.40	577.4671	± 60.08
B. V. 13845	9.1578	± 80.15	9.1534	± 68.39
B. V. 13854	7.7757	± 80.19	7.7713	± 68.43
B. V. 13991	323.3446	± 74.56	323.3415	± 63.62
B. V. 14316	3.5478	± 86.98	3.5434	± 74.22
B. V. 14476	3.6628	± 87.18	3.6584	± 74.39
B. V. 14296	262.6484	± 86.99	262.6440	± 74.23
B. V. 14531	7.7174	± 74.66	7.7149	± 63.70
B. V. 14549	4.5122	± 75.72	4.5097	± 64.60
B. V. 14573	92.2657	± 74.49	92.2635	± 63.55
B. V. 14676	224.0773	± 69.66	224.0771	± 59.43
B. V. 14754	1.4089	± 80.67	1.4067	± 68.82
B. V. 14926	675.7534	± 65.31	675.7529	± 55.72
B. V. 15082	157.5471	± 60.85	157.5486	± 51.92
B. V. 15297	424.0458	± 58.05	424.0522	± 49.58
B. V. 15453	466.0159	± 58.96	466.0212	± 50.33
B. V. 15457	459.4037	± 58.97	459.4089	± 50.34
B. V. 15850	182.0530	± 70.63	182.0545	± 60.26
B. V. 15986	1.1429	± 76.68	1.1444	± 65.42
B. V. 15617	3.8738	± 52.33	3.8796	± 44.69

Tabelle 3

Die Ausgleichung des Höhennetzes wurde nach der Methode der vermittelnden Beobachtungen (Feil 1989) in zwei Varianten durchgeführt; einmal mit den Beobachtungen der Linie 266 und zum zweiten Mal ohne diese. Die Gewichte sind nach dem selben Kriterium wie im österreichischen Nivellement berechnet, d. h. wie Reziprokwerte der Entfernungen zwischen den Höhenmarken. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die ausgeglichenen Meereshöhen der Knotenhöhenmarken und deren mittlere Fehler.

Die mittleren Fehler betragen nach der Ausgleichung:

mit Linie 266 $\pm 4,9 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$

ohne Linie 266 $\pm 4,2 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$

Im ersten Fall ist es die völlige Übereinstimmung mit dem Resultat aus den Schleifenwidersprüchen, während der mittlere Fehler im zweiten Fall etwas kleiner ist, weil die Linie 266 weggelassen wurde. Dieses Resultat ist in Übereinstimmung mit der vorläufigen Analyse und der Vermutung über größere Unstimmigkeiten in den Beobachtungen der Linie 266.

Wie erwartet besteht die größte Differenz in den Meereshöhen zwischen den beiden Ausgleichungen bei der Höhenmarke B. V. 11274 (ca. 54 mm).

4. Die Analyse des Datums

Die Meereshöhen der Höhenmarken im österreichischen Nivellement beziehen sich auf die Meereshöhe der Höhenmarke 1, Linie 1, in Triest, die sich 3,3520 m über dem mittleren Meeresniveau befindet. Dieses mittlere Meeresniveau hat Prof. Dr. Farolfi aufgrund nur einjähriger Beobachtungen (1875) bestimmt (Militär-Geographisches Institut 1884). Nach Prof. Dr. Farolfi ist die Genauigkeit dieses mittleren Meeresniveaus 1 cm.

Aber nach kurzer Zeit bemerkte man, daß die Meereshöhe der Höhenmarke 1 in Triest in einem größeren Ausmaß fehlerhaft ist. Das ist ganz verständlich, weil die erforderliche Beobachtungsperiode für die Bestimmung des mittleren Meeresniveaus 18,6 Jahre beträgt. Cubranic (1974) führt die Angabe von R. Sterneck an, daß die erwähnte mittlere Höhe des Meeresspiegels um 8,99 cm fehlerhaft ist (die Beobachtung 1875–1879 und 1901–1904), wie auch die zusätzliche Verbesserung von 3,50 cm, welche die italienischen Fachleute bestimmt haben, was insgesamt 12,49 cm ergibt.

Im Rahmen des Internationalen geophysikalischen Jahres 1957, hat Klak (1958) die mittleren Höhen des Meeresspiegels bei allen Flutmessern am östlichen adriatischen Ufer bestimmt.

Besonders interessant sind die Untersuchungen der mittleren Höhe des Meeresspiegels in Bakar. Der Flutmesser in Bakar hatte schon damals nämlich eine vollständige Beobachtungsperiode und außerdem befindet er sich nicht zu weit von Triest entfernt.

Autor	Unterschied cm
Čubranić 1974	12.49
Bilajbegović, Feil, Klak, Sredić, Škeljo 1986	11.30
Ausgleichung mit der Linie 266	12.02
Ausgleichung ohne die Linie 266	12.60
Mittelwert	12.10

Tabelle 4

Li- nie	Höhen- marke	österreich. Niv.		I NVT		Diffe- renz mm
		Entfer- nung k m	endgültiger Höhenunter- schied m	Entfer- nung k m	endgültiger Höhenunter- schied m	
122	B.V. 5555	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0
	B.V. 5545	13.084	142.5144	13.200	142.5118	-2.6
	B.V. 5541	5.081	37.4942	5.200	37.4894	-4.8
	B.V. 5538	3.703	40.2074	3.700	40.2207	13.3
	B.V. 5535	4.634	20.7598	4.600	20.7620	2.2
	B.V. 5532	4.376	27.7068	4.300	27.7091	2.3
	B.V. 5529	4.425	31.6667	4.500	31.6594	-7.3
	B.V. 5526	5.318	38.2957	5.400	38.2955	-0.2
	B.V. 5522	6.346	24.6262	6.400	24.6219	-4.3
	B.V. 5519	4.794	-68.9120	5.000	-68.9194	-7.4
	B.V. 5514	7.155	-14.9779	7.300	-14.9766	1.3
	B.V. 5504	9.711	36.4214	10.000	36.3804	-41.0
		68.627	315.8027	69.600	315.7542	-48.5
306	B.V. 15650	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.0
	B.V. 15649	0.646	-0.6672	3.290	-0.6541	13.1
	B.V. 15644	2.736	11.7502	2.770	11.7574	7.2
	B.V. 15636	4.637	85.6691	5.320	85.6627	-6.4
	B.V. 15617	12.854	-98.1619	14.480	-98.1600	1.9
	B.V. 15594	15.259	87.2327	15.530	87.2127	-20.0
	B.V. 15660	3.574	-85.8154	3.950	-85.8159	-0.5
		39.706	0.0075	45.340	0.0028	-4.7

Tabelle 5

Die Meereshöhe der Höhenmarke in Bakar beträgt nach:

- | | |
|---|----------|
| (1) Cubranic (1974) | 2,7731 m |
| (2) Bilajbegovic, Feil, Klak, Sredic, Skeljo (1986) | 2,6601 m |
| (3) Geofizicki zavod (1964) | 2,6680 m |

Die Differenz zwischen (1) und (2) beträgt 11,30 cm, während der Unterschied von 7,9 mm zwischen (2) und (3) der Genauigkeitsbestimmung des mittleren Meeresniveaus mittels Mareographen entspricht.

Die Ausgleichung des Nivellementnetzes mit gegebener Meereshöhe der Höhenmarke 1 in Triest ergibt ähnliche Werte für die Meereshöhe der Höhenmarke in Bakar. Aus beiden Ausgleichungen (Tabelle 3) resultiert der Unterschied im mittleren Meeresniveau in Triest und Bakar. Die Meereshöhe der Höhenmarke in Bakar bzw. das mittlere Meeresni-

Höhenmarke	mit Linie 266		ohne Linie 266	
	Meereshöhe	mittlerer Fehler	Meereshöhe	mittlerer Fehler
	m	mm	m	mm
B.V. 1	3.2318	± 53.51	3.2260	± 45.69
B.V. 38	31.0246	± 57.37	31.0178	± 49.01
B.V. 172	732.5413	± 56.96	732.5312	± 48.72
B.V. 216	296.0236	± 49.82	296.0171	± 42.56
B.V. 252	553.2955	± 43.75	553.2911	± 37.36
B.V. 284	361.1046	± 50.82	361.0993	± 43.40
B.V. 316	504.8006	± 59.67	504.7887	± 51.08
B.V. 318	443.2692	± 61.89	443.2547	± 53.05
B.V. 361	270.0811	± 56.98	270.0586	± 49.25
B.V. 438	272.3529	± 55.52	272.3297	± 48.07
B.V. 449	240.1336	± 51.76	240.1271	± 44.22
B.V. 5560	31.4984	± 76.62	31.4931	± 65.39
B.V. 10211	102.0769	± 87.79	102.0432	± 75.83
B.V. 864	265.8571	± 62.62	265.8346	± 54.00
B.V. 10300	91.0246	± 88.27	90.9906	± 76.25
B.V. 10459	85.8389	± 83.76	85.8045	± 72.47
B.V. 10522	83.5232	± 83.42	83.4887	± 72.19
B.V. 10650	100.9649	± 66.42	100.9300	± 57.97
B.V. 10745	91.2987	± 65.67	91.2657	± 57.21
B.V. 10759	82.9157	± 77.93	82.8825	± 67.50
B.V. 10857	78.1226	± 88.17	78.0894	± 76.12
B.V. 10863	109.1933	± 66.91	109.1494	± 59.13
B.V. 11114	151.4074	± 58.15	151.3381	± 55.27
B.V. 11274	132.0997	± 56.08	132.0201	± 55.43
B.V. 11304	108.3539	± 59.04	108.2970	± 54.19
B.V. 11359	94.7348	± 60.95	94.7095	± 52.75
B.V. 11372	93.2008	± 64.68	93.1699	± 56.23
B.V. 11378	119.7977	± 57.48	119.7734	± 49.78
B.V. 11589	112.3835	± 52.13	112.3785	± 44.51
B.V. 11631	123.5290	± 48.98	123.5538	± 42.69
B.V. 12300	324.2185	± 42.00	324.2254	± 35.92
B.V. 12313	4.9379	± 24.54	4.9380	± 20.94
B.V. 12488	95.0007	± 71.06	94.9740	± 61.34
B.V. 12496	107.1151	± 71.26	107.0888	± 61.48
B.V. 12554	150.5456	± 70.98	150.5214	± 61.15
B.V. 12720	145.0306	± 61.04	145.0117	± 52.50
B.V. 13020	168.6581	± 58.47	168.6471	± 50.03
B.V. 13141	123.6615	± 51.53	123.6559	± 44.01
B.V. 13195	122.1095	± 51.54	122.1039	± 44.01
B.V. 13379	387.5854	± 58.92	387.5753	± 50.39
B.V. 13338	519.0762	± 60.76	519.0653	± 51.98
B.V. 13289	360.0097	± 63.97	359.9967	± 54.77
B.V. 13525	512.1323	± 68.67	512.1201	± 58.74
B.V. 13623	221.8937	± 66.83	221.8827	± 57.15
B.V. 13704	577.3518	± 61.69	577.3411	± 52.76
B.V. 13845	9.0375	± 72.37	9.0273	± 61.84
B.V. 13854	7.6555	± 72.41	7.6453	± 61.88
B.V. 13991	323.2244	± 65.77	323.2154	± 56.20
B.V. 14316	3.4276	± 79.86	3.4174	± 68.23
B.V. 14476	3.5426	± 80.08	3.5324	± 68.41
B.V. 14296	262.5282	± 79.88	262.5180	± 68.24
B.V. 14531	7.5972	± 65.67	7.5889	± 56.10
B.V. 14549	4.3920	± 66.87	4.3837	± 57.12
B.V. 14573	92.1454	± 65.38	92.1374	± 55.85
B.V. 14676	223.9570	± 59.09	223.9510	± 50.46
B.V. 14754	1.2886	± 72.34	1.2806	± 61.78
B.V. 14926	675.6331	± 55.12	675.6269	± 47.08
B.V. 15082	157.4269	± 49.92	157.4225	± 42.62
B.V. 15297	423.9256	± 43.46	423.9262	± 37.08
B.V. 15453	465.8957	± 40.77	465.8951	± 34.78
B.V. 15457	459.2834	± 40.59	459.2829	± 34.63
B.V. 15850	181.9328	± 59.05	181.9285	± 50.40
B.V. 15986	1.0227	± 66.16	1.0184	± 56.46
B.V. 15617	3.7536	± 11.18	3.7536	± 9.54

Tabelle 6

veau ist im ersten Fall um 12,02 cm und im zweiten Fall um 12,60 cm zu groß. Auf diese Weise ist man noch zu zwei Angaben gekommen, die bestätigen, daß das mittlere Meeressniveau in Triest zu niedrig ist. Die gesamte Übersicht dieser Werte ist in Tabelle 4 eingetragen.

Der Unterschied der mittleren Meeressniveaus in Triest und Bakar beträgt demnach ca. 12 cm. Mit Hilfe der Ergebnisse des I NVT, der Arbeiten im Rahmen des Internationalen geophysikalischen Jahres 1957, wurde der Mareograph in Bakar mit dem in Rovinj verbunden, um die mittleren Höhen des Meeresspiegels zu überprüfen. Auf Grund der Arbeiten Klak (1958), Bilajbegovic, Feil, Klak, Sredic, Skeljo (1986) ergeben sich als Differenz zwischen der Nullhöhe in Rovinj und der Höhenmarke in Bakar 4,4 mm, was eine hervorragende Übereinstimmung darstellt.

Außerdem wurde noch eine Stabilitätsuntersuchung der Höhenmarken in den Linien des österreichischen Nivellements und I NVT in der Umgebung von Bakar und der Halbinsel Istra durchgeführt. Am westlichen Ufer von Istra gibt es nämlich keine Arbeiten des österreichischen Präzisionsnivellements bezüglich des I NVT, sondern nur durch die Mitte der Halbinsel Istra längs der Eisenbahn. Einen Einblick in die Differenzen dieser zwei Nivellements in Istra und am adriatischen Ufer von Rijeka bis Crikvenica gibt die Tabelle 5.

In Tabelle 5 bemerkt man, daß einige Höhenunterschiede zwischen beiden Nivellements größere Differenzen aufweisen. Diese Werte wurden nach dem Test der Mittelwerte, nach Klak (1985) und Feil (1989), bei bekannten Standardabweichungen und bekannter Anzahl der Beobachtungen untersucht. Für das österreichische Nivellement ist die Standardabweichung 4,9 mm, für das I NVT 2,0 mm; die Zahl der Beobachtungen ist in beiden Fällen 2.

Bei der Linie 122 wurden die Höhenunterschiede B. V. 5541–B. V. 5538, B.V. 5514–B.V.5504 getestet. In beiden Fällen handelt es sich um einen systematischen Einfluß (Bewegungserscheinung), besonders beim zweiten Höhenunterschied. Bei der Linie 306 wurden die Höhenunterschiede B. V. 15650 – B. V. 15649, B. V.15617 – B. V.15594 getestet. In beiden Fällen gibt es systematische Einflüsse. Diese Tatsache kann man auch direkt der Tabelle 5 entnehmen.

Nachdem man alle bisherigen Untersuchungen in Betracht gezogen hat, beschloß man, noch einmal die beiden Varianten der Ausgleichung (mit und ohne Linie 266) zu wiederholen, aber in bezug auf den Mareographen in Bakar, Meereshöhe 2,6601 m (Tabelle 6).

Aus der Tabelle 6 kann man die endgültigen Meereshöhen und ihre mittleren Fehler für beide Varianten der Ausgleichung erkennen. Die mittleren Fehler und die Unterschiede der mittleren Meeressniveaus zwischen Triest und Bakar sind dieselben wie in den vorangegangenen Ausgleichungen, was auch klar ist, handelt es sich doch um dasselbe Netz und dasselbe Verfahren der Ausgleichung.

5. Abschluß

In diesem Aufsatz sind die Arbeiten des Präzisionsnivellements des Militär-Geographischen Institutes Wien vollständig bearbeitet und systematisiert, die sich nicht nur auf das mittlere Meeressniveau in Triest, sondern auch auf das in Bakar beziehen. Der Mareograph in Bakar hat eine lange Reihe von Beobachtungsjahren (viel mehr als 18,6 Jahre), ist im Netz aller Mareographen am östlichen adriatischen Ufer eingegliedert und befindet sich relativ nahe dem Mareographen in Triest.

Das österreichische Nivellementnetz, welches das Gebiet von Kroatien, Bosnien und Herzegowina und Slowenien umfaßt, wurde in einem Guß ausgeglichen. Auf diese Weise wurden die wahrscheinlichsten Werte für die Meereshöhen aller Höhenmarken erhalten. Außerdem ist das eine vollständige und einheitliche mathematische Basis für die Bestim-

mung der rezenten Erdkrustenbewegungen. Das Nivellementsnetz I NVT, welches in der Regel die gleichen Linien wie das österreichische Nivellement hat, wird auf dieselbe Weise ausgeglichen, allerdings auf das mittlere Meeressniveau in Bakar. Somit werden zwei Höhenetze erhalten, die mathematisch auf dieselbe Weise bearbeitet wurden, weshalb die Resultate leicht vergleichbar sind.

Auf eine Tatsache soll jedoch aufmerksam gemacht werden: sowohl längs der österreichischen, als auch der I NVT Nivellementlinien wurden keine gravimetrischen Beobachtungen ausgeführt, weshalb eine vollständigere Analyse nicht möglich ist.

Literatur

- Bilajbegovic, A., Feil, L., Klak, S., Sredic, S., Skeljo, Lj.* (1986): Zbornik radova Geodetskog fakulteta. Niz D, Svezak 6/1, Zagreb.
- Cubranic, N.* (1974): Visa geodezija I. Liber, Zagreb.
- Feil, L.* (1989): Teorija pogresaka i racun izjednacjenja – I dio. Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Zagreb.
- Feil, L.* (1990): Teorija pogresaka i racun izjednacjenja – II dio. Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Zagreb.
- Klak, S.* (1954): Prilog proucavanju sekularnih pomaka Zemljine kore pomocu geometrijskog nivelmana. Geodetski list, 1–4, Zagreb.
- Klak, S.* (1958): Odredivanje visinskih razlika izmedu mareografa na nasoj obali. Hidrografski godisnjak 1956/57, Split.
- Klak, S.* (1964): Prilog proucavanju pomaka Jadranske obale pomocu geometrijskog nivelmana. Geodetski list, 4–6, Zagreb.
- Klak, S.* (1985): Teorija pogresaka i racun izjednacjenja. Liber, Zagreb.
- Militär-geographisches Institut* (1875): Die Astronomisch-geodätischen Arbeiten. Band VII, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1884): Mittheilungen..., Band IV, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1895): Mittheilungen..., Band XV, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1896): Die Astronomisch-geodätischen Arbeiten. Band VIII, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1897): Die Astronomisch-geodätischen Arbeiten. Band X, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1899): Die Astronomisch-geodätischen Arbeiten. Band XIV, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1899): Mitteilungen. Band XIX, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1900): Mitteilungen. Band XX, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1901): Mitteilungen. Band XXI, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1902): Mitteilungen. Band XXII, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1905): Mitteilungen. Band XXV, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1907): Mitteilungen. Band XXVII, Wien.
- Militär-geographisches Institut* (1909): Mitteilungen. Band XXIX, Wien.
- Geofizicki zavod Prirodoslovno-matematickog fakulteta Sveucilista u Zagrebu* (1964): Podaci o mareografu u Bakru, Zagreb.

Adresse der Autoren:

Feil, L., Prof. Dr. Ing.: Geodetski fakultet Sveucilista u Zagrebu, Kaciceva 26, 41000 Zagreb, Kroatien.