



## Ein Beitrag zum Nachweis rezenter Bewegungen in den Hohen Tauern

Erich Senftl <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *B. A. für Eich- u. Verm., 1080 Wien, Friedrich-Schmidtplatz 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **58** (2), S. 41–47

1970

BibTEX:

```
@ARTICLE{Senftl_VGI_197005,  
Title = {Ein Beitrag zum Nachweis rezenter Bewegungen in den Hohen Tauern},  
Author = {Senftl, Erich},  
Journal = {{{\0}sterreichische Zeitschrift f{{\"u}r Vermessungswesen}},  
Pages = {41--47},  
Number = {2},  
Year = {1970},  
Volume = {58}  
}
```



vom Radius etwa 5,7 km, das etwa 2,8fache des zugehörigen *Helmertschen* Punktfehlers von etwa 2 km.

#### Literatur:

- [1] *Czuber, E.*: Theorie der Beobachtungsfehler, Leipzig 1891.
- [2] *Grafarend, E.*: Allgemeiner Fehlertensor bei a priori und a posteriori Korrelationen, ZfV 92 (1967) S. 157–165.
- [3] *Grafarend, E.*: Helmertsche Fußpunktkurve oder Mohrscher Kreis, AVN 76 (1969) S. 239–250.
- [4] *Helmert, F. R.*: Studien über rationelle Vermessungen im Gebiete der höheren Geodäsie, Z. f. Mathematik und Physik 13 (1868) S. 73–120, speziell Formel (41) S. 97.
- [5] *Kozak, J.*: Grundprobleme der Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, 2 Bände, Wien/Leipzig 1907/1910.
- [6] *Kreiszig, E.*: Statistische Methoden und ihre Anwendungen, Göttingen 1965.
- [7] *Wolf, H.*: Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Bonn 1968.

## Ein Beitrag zum Nachweis rezenter Bewegungen in den Hohen Tauern

Von *Erich Senftl*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

Der Vergleich der Präzisionsnivelements durch den Tauerntunnel zwischen Bockstein und Mallnitz aus den Jahren 1909, 1949 und 1969 zeigt eine systematische Zunahme des Höhenunterschiedes in Richtung Nord—Süd. Aus dieser Tatsache ließe sich auf eine Bewegung des Gebirgskörpers im Sinne einer Kippung um eine Achse schließen, die etwa parallel zum Alpenhauptkamm liegen könnte.

Nachstehend wird über die drei Nivelements getrennt berichtet und eine Zusammenfassung der Meßergebnisse gegeben, die damit den Geologen zur Diskussion gestellt werden.

### 1. Das Nivellement von 1909

Der Bau des 8,5 km langen Eisenbahntunnels durch das Massiv der Hohen Tauern ermöglichte es dem k. u. k. Militärgeographischen Institut (MGI) in den Jahren 1906 bis 1910, eine Nivellementverbindung zwischen dem Salzachtal und dem Drautal, quer zum Verlauf des Alpenhauptkammes, herzustellen.

Die Messung dieser Linie — sie erhielt die Nummer 310 — wurde in drei zeitlich getrennten Abschnitten ausgeführt: 1906 längs der Straße von Lend nach Bad Gastein (bis zur Höhenmarke am Beamtenwohnhaus beim Bahnhof), 1909 auf der Bahntrasse von Bad Gastein durch den Tauerntunnel bis zur Höhenmarke am Bahnwärterhaus (BWH) Nr. 20 südlich von Mallnitz und schließlich 1910 ebenfalls auf dem Bahnkörper vom BWH Nr. 20 bis zur Höhenmarke an der Haltestelle Lendorf (BWH Nr. 153) der bereits bestehenden Linie Nr. 24 Spittal a. d. Drau—Lienz — Grenze.

Im Zusammenhang mit dem vorliegenden Beitrag interessiert nur das Nivellement im Bereich des Tauerntunnels selbst, auf das daher näher eingegangen werden soll.

Als Fixpunkte wurden, wie damals allgemein üblich, Höhenmarken (HM) gesetzt, und zwar im betrachteten Abschnitt am Bahnhof Bockstein, am Kabelhaus Nord unmittelbar neben dem Nordportal des Tunnels, in den Kammern 2, 5 und 7 (die seitlich in den Fels der Tunnelröhre eingesprengt sind) und schließlich am Kabelhaus Süd beim Südportal des Tunnels (siehe Abb. 1).

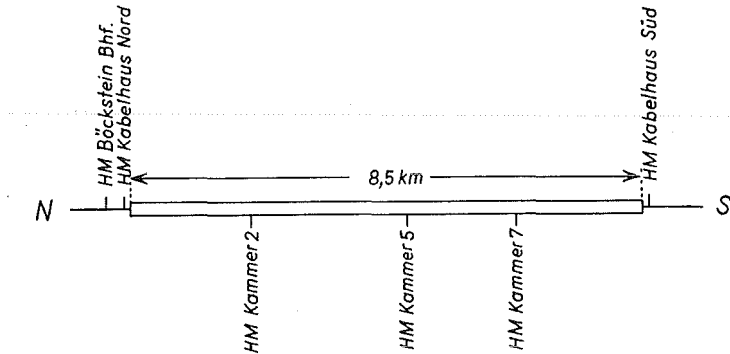


Abb. 1

Hin- und Rückmessung wurden von Hauptmann *Dubasiewicz* bzw. Hauptmann *Gregor* mit den Nivellierinstrumenten Nr. 6615 und 6981 von *Starke & Kammerer* und den (Holz-)Latten A' und H' ausgeführt. Letztere hatten bereits eine Einrichtung zur Bestimmung des Temperatur- und Feuchtigkeitseinflusses auf das Lattenmeter. Die Differenz zwischen Hin- und Rückmessung betrug 5 mm.

Es mag auf den ersten Blick bedenklich erscheinen, diese verhältnismäßig alten Messungen zu einem so kritischen Höhenvergleich heranzuziehen. Man muß jedoch beachten, daß die Messungen im Tunnel unter geradezu idealen atmosphärischen Bedingungen vor sich gehen und auch ein Fehler im Lattenmeter wegen des geringen Höhenunterschiedes nicht ins Gewicht fällt.

## 2. Das Nivellement von 1949

Im Jahre 1947 wurde in Österreich mit der Neumessung des Präzisionsnivelements begonnen. Neue Linien wurden angelegt und auf den bisherigen Linien die Zahl der Fixpunkte vorwiegend mit Höhenbolzen (HB) verdichtet.

Auch die oben erwähnte Linie 310 des MGI wurde neu gemessen und erhielt nun die Nummer 333. In dem betrachteten Abschnitt waren noch alle Höhenmarken aus dem Jahre 1909 vorhanden. Zu ihrer bequemeren Einmessung wurden in ihrer unmittelbaren Nähe noch folgende Höhenbolzen gesetzt: am Bahnhof Bockstein, am Kabelhaus Nord und am Kabelhaus Süd. Die Höhenmarken in den Kammern 2, 5 und 7 wurden im Seitennivellement an den nächstgelegenen Gleisfestlegungspunkt (siehe unten) angeschlossen. Je ein weiterer Bolzen am Nord- und Südportal des Tunnels sollte als zusätzliche Versicherung dienen. Hin- und Rückmessung haben *E. Scharpf* und *E. Senftl* mit Zeiss A-Nivellieren (mit Beleuchtungseinrichtung) und Invarlatten mit Halbzentimeterteilung, die mit Handlampen beleuchtet wurden

vorgenommen. Zur Lattenaufstellung dienten die Gleisfestlegungspunkte, die im Abstand von 100 m zwischen den beiden Schienensträngen einbetoniert waren. Diese 100 m-Abschnitte wurden dann noch durch einen schon vor der Messung ausgewählten und markierten Schienennagel unterteilt, so daß die Zielweite im Rück- und Vorblick immer gleich 25 m war.

Ein Vergleich dieser Messungen mit den Ergebnissen von 1909 zeigte nun eine Zunahme des Höhenunterschiedes von der HM Kammer 2 bis zur HM Kammer 7 von etwa + 19 mm. Selbst wenn man dem Nivellement aus dem Jahre 1909 eine geringere Genauigkeit zuerkennt, so muß doch bei der Größe des Betrages von 19 mm nach einer anderen Ursache gesucht werden. Es drängt sich zwangsläufig die Vermutung auf, daß es sich um eine Bewegung des ganzen Gebirgszuges handeln könnte. Um diese Annahme zu verifizieren, wurde für 1969 eine neuerliche Messung geplant. Im Verlauf von zwanzig Jahren müßte sich ja etwa der halbe Effekt zeigen, der bei der heutigen Meßgenauigkeit bequem zu erfassen ist.

### 3. Das Nivellement von 1969

Eine vorbereitende Erkundung deckte die betrübliche Tatsache auf, daß von den drei Höhenmarken im Tunnel nur noch jene in Kammer 7 vorhanden war, während die Höhenmarken in den Kammern 2 und 5 beim Einbau automatischer Signaleinrichtungen verloren gegangen waren. Leider waren auch die einbetonierten Gleisfestlegungspunkte zum größten Teil entfernt und überdies inzwischen die bisher verwendeten Schienennägel zur Befestigung der Schienen auf den Schwellen gegen federartige Klammern ausgetauscht worden. Damit waren auch die gegebenen Lattenaufstellungspunkte verloren.

Im Tunnel wurden daher zur dauerhaften Stabilisierung für die Zukunft im Abstand von 500 Metern — bei jedem halben und ganzen Kilometer — und zusätzlich noch bei Kammer 7 zum Anschluß der noch bestehenden Höhenmarke je ein Höhenbolzen gesetzt, insgesamt also 18 (siehe Abb. 2).

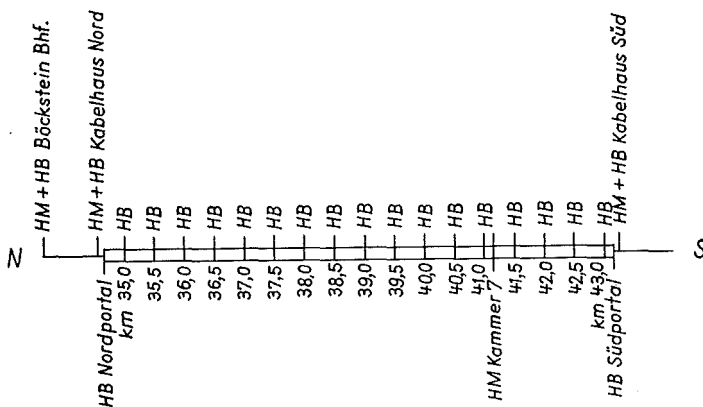


Abb. 2

Zur Aufstellung der Nivellierlatten wurden starke Nägel mit halbkugelförmigem Kopf im Abstand von 50 m in die Schwellen eingeschlagen. Die Zielweite war also wieder 25 m. Die Messung selbst wurde von *W. Losert* und *E. Senftl* mit automati-

**Tabelle I**  
Ergebnisse der drei Nivellements

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ort	1909			1949				1969		
HM Böckstein Bhf.	0,0000			0,0000				0,0000		
HM Kabelhaus Nord	+ 0,9194	0,0000		+ 0,9297	0,0000			+ 0,9313	0,0000	
HB Nordportal	—	—		— 0,3767	— 1,3064		0,0000	— 0,3755	— 1,3068	0,0000
HM Kammer 2	+20,6036	+19,6842	0,0000	+20,6229	+19,6932	0,0000	+20,9996	—	—	—
HM Kammer 5	+48,0097	+47,0903	+27,4061	+48,0385	+47,1088	+27,4156	+48,4152	—	—	—
HM Kammer 7	+51,0791	+50,1597	+30,4755	+51,1175	+50,1878	+30,4946	+51,4942	+51,1256	+50,1943	+51,5011
HB Südportal	—	—	—	+45,1675	+44,2378	+24,5446	+45,5442	+45,1765	+44,2452	+45,5520
HM Kabelhaus Süd	+47,0250	+46,1056	+26,4214	+47,0683	+46,1386	+26,4454	+47,4450	+47,0762	+46,1449	+47,4517

schen Nivellieren (KONI) und Invarlatten mit Halbzentimetererteilung ausgeführt.

Tatsächlich zeigte nun der Vergleich der Messungen von 1949 und 1969 den erwarteten Effekt im Sinne einer weiteren Zunahme des Höhenunterschiedes in Richtung Nord—Süd.

#### 4. Vergleich der Messungen von 1909, 1949 und 1969

In der Tabelle I sind die Ergebnisse der drei Nivellements zusammengestellt.

Von verschiedenen „Nullpunkten“ (HM Böckstein/Bahnhof, HM Kabelhaus Nord, HB Nordportal und HM Kammer 2) ausgehend, sind die gemessenen Höhenunterschiede bis zu allen nachfolgenden Fixpunkten aufsummiert. Ein Vergleich der Spalten 2 und 5 zeigt vorerst, daß sich die HM Böckstein/Bhf. von 1909 bis 1949 relativ zur HM Kabelhaus Nord um 10 mm gesenkt hat und diese wieder — bezogen auf die HM Kammer 2 — um 9 mm. Beide Bauwerke stehen auf aufgeschüttetem Boden. Zwischen 1949 und 1969 hat sich die HM Böckstein/Bhf. um weitere 1,5 mm gesenkt (Spalte 5 und 9), während die HM Kabelhaus Nord bereits unverändert blieb, wie ihr Höhenunterschied gegen den HB Nordportal zeigt (Spalte 6 und 10). Auch das Kabelhaus Süd steht auf aufgeschüttetem Gelände und hat sich noch von 1949 bis 1969 relativ zum HB Südportal um etwa 1 mm gesenkt (siehe z. B. Spalte 8 und 11). Die HM Böckstein/Bhf., Kabelhaus Nord und Kabelhaus Süd wurden daher von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Für 1909 und 1949 ist deshalb ein eindeutiger Vergleich nur im Tunnel zwischen den drei Höhenmarken in den Kammern 2, 5 und 7 möglich (Spalte 4 und 7) und hier zeigt sich die bereits früher erwähnte Zunahme des Höhenunterschiedes von + 19 mm. Für den Zeitraum von 1949 bis 1969 können die Messungen über die gesamte Tunnellänge vom HB Nordportal bis zum HB Südportal verglichen werden (Spalte 8 und 11) und ergeben eine Höhenzunahme von + 7,8 mm bzw. auf den Abstand Kammer 2 — Kammer 7 bezogen von etwa + 5 mm (Abb. 3).

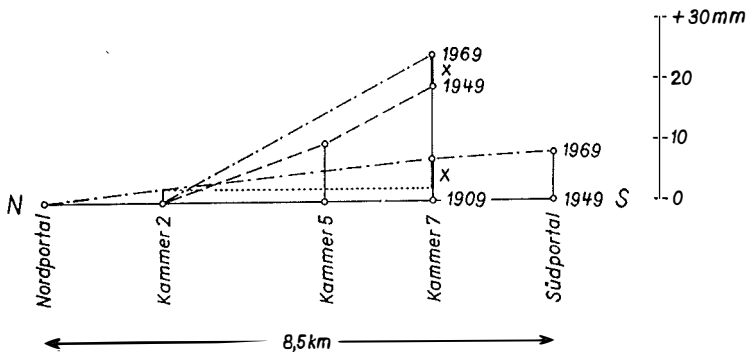


Abb. 3

Diese 5 mm sind nur etwa die Hälfte des erwarteten Betrages. Das kann nun an der sicherlich geringeren Genauigkeit der Messungen aus dem Jahre 1909 liegen oder aber die vermutete Bewegung des Gebirges erfolgt nicht gleichmäßig. Vielleicht wirken auch beide Faktoren zusammen.

Wie bereits eingangs erwähnt, ließe sich diese systematische Zunahme des Höhenunterschiedes von Nord nach Süd durch eine Kippung des Gebirgszuges erklären, deren Achse etwa parallel zum Alpenhauptkamm liegen würde. Die Frage ist nur, wo diese Achse liegt, da davon das Vorzeichen der Gebirgsbewegung abhängt. Liegt sie südlich des Tunnels, so würde das — wegen der Zunahme des Höhenunterschiedes — eine Senkung des Gebirges bedeuten, von der der nördliche Teil stärker betroffen wäre. Liegt sie jedoch im Norden, so würde das eine Hebung fordern, die sich wieder im Süden stärker auswirkt. Die Achse könnte natürlich ebenso gut innerhalb des Gebirgskammes liegen.

In diesem Zusammenhang sei auf das Schweredefizit unter dem Alpenhauptkamm hingewiesen, wie es in einer Karte der Bouguer-Anomalien (nicht allein nur auf Grund des Reduktionsverfahrens) zu erkennen ist<sup>1)</sup>. Es kommt dadurch zustande, daß die Gebirge mit ihren Wurzeln tief in den magmatischen Untergrund, die Sima-Schicht, eintauchen und dabei Massen größerer Dichte verdrängen. Interessanterweise liegt aber hier das Schwereminimum und damit die Gebirgswurzel — wie schon lange bekannt — nicht direkt unter der höchsten Erhebung des Gebirges, sondern etwas nach Norden verschoben zwischen Bockstein und Badgastein. In Abb. 4 sind die Bouguer-Anomalien im Meridian des Tauerntunnels (etwa 130 10' östl. Länge) dargestellt.

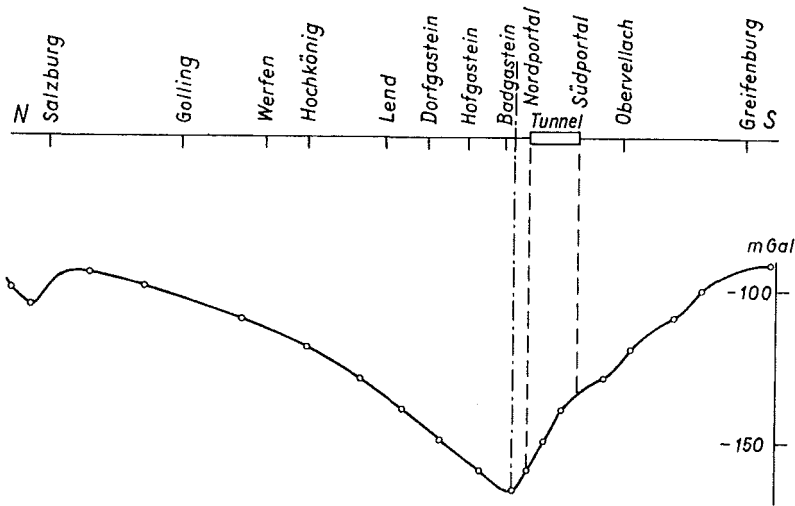


Abb.4

Es ist naheliegend, das Schwereminimum und die Lage der vermuteten Achse in Beziehung zu bringen, wobei aber wieder offen bleibt, ob es sich um ein weiteres Einsinken oder aber um eine (isostatische) Hebung des Gebirges handelt.

<sup>1)</sup> Siehe z. B. Schwerekarte von Österreich. Bouguer-Anomalien. Herausgegeben vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme). Bearbeitet von E. Senftl. Ausgabe 1965.

Leicht zu entscheiden wäre diese Frage, wenn man mit dem Nivellementvergleich entsprechend weit nach Norden und Süden ausgreifen könnte. Leider fehlt es hier an dem berühmten „festen“ Punkt, in diesem Fall an Felsmarken, die zu einem Höhenvergleich herangezogen werden könnten.

Für das Jahr 1970 ist deshalb die Verlängerung des Nivellements bis zum Gebirge nördlich der Salzach bei Lend und südlich der Möll bei Obervellach sowie bei Spittal a. d. Draugeplant. Umfangreiche Felsvermarkungen sollen dann in späteren Jahren durch den Vergleich zeitlich genügend weit auseinanderliegender Nivellements weitere Erkenntnisse über die Gebirgsbewegungen liefern.

## Ergebnisbericht über weitere Tellurometermessungen im Österreichischen Netz 1. Ordnung

Von *Karl Rinner*, Graz

(*Schluß*)

### 3. Messungen im Testnetz Tirol

Im Testnetz Tirol wurden bei verschiedenartigen meteorologischen Bedingungen (Sonne, Nebel, Regen, Schnee) in der Zeit vom 6. 8. bis 23. 8. 1968 Messungen mit dem Tellurometer MRA 3 ausgeführt. Dabei konnten außer den 1967 gemessenen Seiten des Netzes 1. Ordnung auch die vom Pferschen Tribulaun ausgehenden Seiten (72), (76), (710), sowie die Diagonalen (29), (57), (510), (511) und (810) bestimmt werden. Es liegt daher nunmehr ein überbestimmtes Streckennetz mit zwei Zentralsystemen und fünf Diagonalen, also mit sieben Überbestimmungen vor.

Der Transport der Meßgruppen erfolgte durch kostenfrei überlassene geländegängige PKWs der Fa. Steyr-Daimler-Puch-Werke Graz. Vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung und anderen Förderern wurden die für die Durchführung der Messungen und Berechnungen benötigten Geldmittel zur Verfügung gestellt.

Die Messungen wurden von 2 Meßgruppen unter Leitung von Dipl.-Ing. K. Fally und cand. ing. W. Mendl mit je drei bis vier Hilfskräften (Studenten und Bergführer) ausgeführt. Die hohe Einsatzbereitschaft aller Beteiligten, welche die Überwindung der erheblichen bergsteigerischen Schwierigkeiten, darunter extreme Klettertouren, ermöglichte, sei besonders hervorgehoben.

Die Messung der Entfernungen erfolgte in mindestens zwei Sätzen mit je zehn Frequenzen, meteorologische Daten wurden nur in den Endpunkten, in gleicher Weise wie im Testnetz Steiermark ermittelt.

Die meteorologisch reduzierten Meßwerte wurden in üblicher Weise auf das Ellipsoid der Landesaufnahme projiziert und in das Gauss-Krüger-System des Testnetzes (s. [1]) abgebildet. *Tab. 5* enthält alle 1967 ( $i = 1$ ) und 1968 ( $i = 2$ ) gemessenen Entfernungen, sowie die Mittelwerte ( $i = 1, 2$ ) dieser Messungen. Außerdem die Zuschlagswerte  $\delta_E$ ,  $\delta_R$ , mit welchen nach den Beziehungen (1) aus den verebneten Seiten  $s_{GK}$  ellipsoidische und Raumentfernungen zwischen den Bodenpunkten  $s_E$  und  $s_R$  ermittelt werden können.