

Mitt. österr. geol. Ges.	71/72 1978/1979	S. 317—322 3 Abb.	Wien, Juni 1980
--------------------------	--------------------	----------------------	-----------------

## Rezente Krustenbewegungen an der Nivellement-Linie Villach — Thörl Maglern

Von P. STEINHAUSER \*

Mit 3 Abbildungen

### Zusammenfassung

Die Nivellementlinie Villach – Thörl Maglern wurde in den Jahren 1952, 1964 und 1976 vermessen. Für die Periode 1952 bis 1964 ergibt sich eine Hebung um rund 12 mm, während für den Zeitraum 1964 bis 1976 eine – allerdings unbedeutende – Senkung zu beobachten war. Dieses unterschiedliche Bewegungsverhalten während der beiden Perioden wird als elastischer „rebound“-Effekt der Friauler Erdbeben von 1976 gedeutet.

### Summary

The level line Villach – Thörl Maglern (see Fig. 1) has been measured in 1952 and 1964. After the Friouli Earthquakes it was decided to remeasure the level-line which was done in October 1976. The result of these measurements are presented in Fig. 2 in terms of height changes. From 1952 to 1964 an uplift of 12 mm occurred, while from 1964 to 1976 a downward movement of 4 mm is observed. This change of direction of the recent crustal movements can be explained by the rebound mechanism of the Friouli earthquakes. According to fault-plane solutions these earthquakes have focal mechanisms of underthrusting type. The corresponding rebound pattern is shown in Fig. 3. In medium distances to the earthquake centre it is consistent with the geodetic observations described here.

### 1. Einleitung

Die Nivellementlinie Villach – Thörl Maglern bietet sich aus zwei Gründen für die Untersuchung rezenter Krustenbewegungen in Südkärnten an. Erstens überquert diese Linie im Gailtal die periadriatische Naht, weshalb allgemeine Informationen über Bewegungsvorgänge (u. zw. Hebungen und Senkungen) zwischen Süd- und Ostalpen zu erwarten sind. Zweitens zielt sie direkt auf das Friauler Erdbebengebiet vom Sommer 1976, wodurch es möglich sein sollte, die Übereinstimmung zwischen den seismisch ermittelten Herdmechanismen samt den zugehörigen, nach der „rebound“-Theorie zu erwartenden Krustenbewegungen und den tatsächlich beobachtbaren Bewegungsvorgängen geodätisch zu überprüfen.

\* Adresse des Verfassers: Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien, Hohe Warte 38, A-1190 Wien.

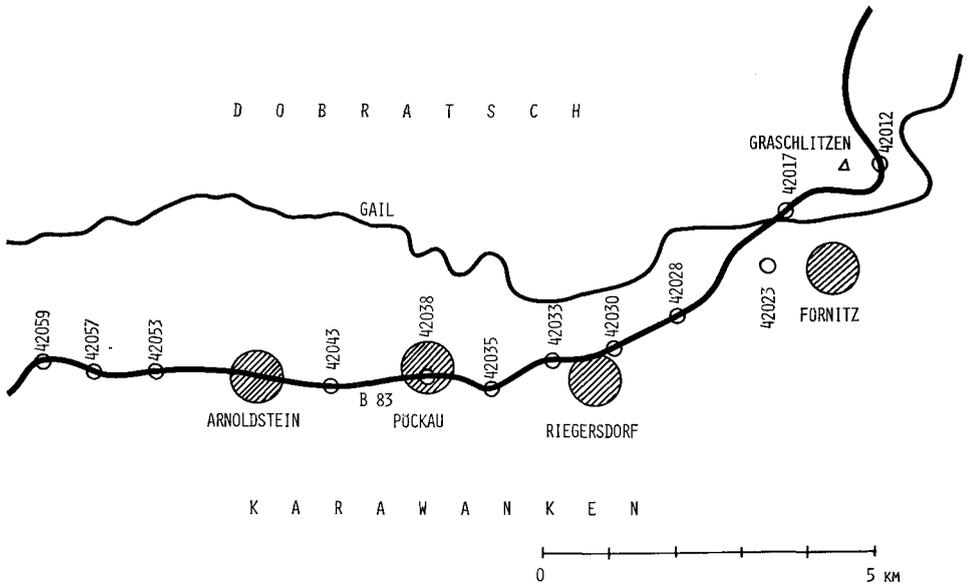


Abb. 1: Nivellementlinie Nr. 816 Villach — Thörl Maglern. Die bei den Nivellements 1952, 1964 und 1976 und in dieser Untersuchung verwendeten Höhenfixpunkte sind eingetragen.

## 2. Situation der Nivellementlinie Villach — Thörl Maglern

Die Nivellementlinie des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen folgt der alten Trasse der Triester Bundesstraße B 83, trägt die Nr. 816 und wurde im Jahr 1952 erstmals vermessen. Die Höhenbolzen befinden sich in Abständen von einigen hundert Metern an Gebäuden, Mauern und verschiedenartigen Straßen- und Bahnbauwerken; gelegentlich konnten Höhenfixpunkte auch im anstehenden Fels der Berghänge verankert werden.

Für die Untersuchung rezenter Krustenbewegungen sind selbstverständlich die an Fels-Aufschlüssen fixierten Höhenbolzen von besonderem Interesse, da die Stabilität der Höhenlage von Bauwerken, die auf Sedimenten fundiert sind, durch Setzungs Vorgänge und dergleichen stark beeinträchtigt werden kann. In diesem Sinn wird hier nur der Streckenabschnitt der Nivellementlinie diskutiert, der von Fels-Höhenbolzen begrenzt wird. Das Nordende bildet der Höhenbolzen Nr. 42012 in einer Felswand des Graslitzes Kogels südlich von Villach. Von dort verläuft die Linie diagonal durch das Gailtal, wobei die periadriatische Naht überschritten wird. Westlich der Ortschaft Arnoldstein befindet sich am Südrand des Gailtales wiederum ein Fels-Höhenbolzen, der die Nummer 42057 trägt. Die Lage dieses Abschnittes der Nivellementlinie ist in Abb. 1 wiedergegeben.

## 3. Ergebnisse der Wiederholungs-Nivellements

Diese im Jahre 1952 erstmals vermessene Linie wurde 1964 zum zweiten Mal nivelliert. Die letzte Nachmessung fand im Oktober 1976 statt. Sie wurde durch-

geführt, um allfällige Krustenbewegungen infolge der großen Friaul-Erdbeben vom Mai und September des gleichen Jahres erfassen zu können.

Die Ergebnisse dieser Nivellements sind in Abbildung 2 wiedergegeben, wo die Höhenänderungen jedes Höhenbolzens zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen dargestellt sind. (Als Bezugspunkt wurde der Höhenfixpunkt Nr. 42012 am Nordostende des untersuchten Profilabschnittes verwendet.)

Zwischen 1952 und 1964 ergeben sich demnach im untersuchten Nivellementabschnitt nach Süden hin Aufwärtsbewegungen bis zu etwa 12 mm. Von 1964 bis 1976 hingegen herrschen geringfügige Absenkungen bis zu knapp 4 mm vor. In beiden Untersuchungsperioden gibt es noch in kleinerem Umfang lokale Absenkungsbereiche, die wohl als Setzungserscheinungen der dort auf fluvio- und postglazialen Sedimente errichteten Bauwerke gedeutet werden können und die deshalb gemäß dem von SENFTL und EXNER 1973 beim Tauernbahnnivellement angewendeten Verfahren nicht weiter untersucht werden müssen.

Alle drei Nivellements sind als technisch gleichwertig anzusehen und garantieren als Präzisionsnivellements die bestmögliche, derzeit meßtechnisch realisierbare Genauigkeit. Geodätische Abschätzungen lassen für den hier diskutierten Nivellementabschnitt einen mittleren Fehler von etwa  $\pm 1,5$  mm erwarten (LANG, pers. Mitteilung 1979), wobei Vertikalbewegungen dann als signifikant angesehen werden, wenn sie den vierfachen Betrag des mittleren Fehlers übersteigen. Dementsprechend kann die Höhenänderung der Periode 1952–64 als signifikant bezeichnet werden, während für den Zeitraum 1964–76 keine signifikanten Höhenänderungen vorliegen. Statistische Aussagen über die Sicherheit des Trends können mit Hilfe der linearen Regression gewonnen werden.

Periode	Regression	Korrelation	
1952–1964:	$\Delta h_1 = -3,04 + 1,09 \cdot d$	$r_1 = 0,95$	(1)
1964–1976:	$\Delta h_2 = -0,56 - 0,15 \cdot d$	$r_2 = -0,71$	(2)

$\Delta h$  . . . . Höhenänderung in mm  
 d . . . . Profillänge in km

Die Prüfung beider Korrelationskoeffizienten (LUDWIG 1975) mit einem F-Test ergibt, daß sie sich mit einer statistischen Sicherheit von 99% signifikant von Null unterscheiden und somit die lineare Regression zur Prüfung des Trends der rezenten Bewegungen geeignet ist.

Die Prüfung der Regressionskoeffizienten selbst (KREYSZIG 1968) erfolgt mit einem t-Test und ergibt auf dem 99% Signifikanzniveau, daß der Regressionskoeffizient mit  $b_1 = 1,09$  der ersten Periode (1952–1964) signifikant größer als null ist, während der Regressionskoeffizient  $b_2 = -0,15$  der zweiten Periode (1964–1976) statistisch nicht von null zu unterscheiden ist. Weiters zeigt der t-Test, daß sich die beiden Regressionskoeffizienten signifikant voneinander unterscheiden.

Somit zeigt sich im Zeitraum von 1952 bis 1964 zwischen den beiden im Fels verankerten Höhenfixpunkten eine systematische Zunahme der Höhenunterschiede von Nord nach Süd um etwa 1 mm pro Jahr. Für den Zeitraum von 1964 bis 1976 hingegen ergeben sich keine signifikanten Höhenänderungen.

#### 4. Diskussion

Mit dem Betrag von ca. 1 mm pro Jahr stimmt die Hebungsrate 1952–1964 gut mit den weiter im Norden der Ostalpen (Tauernfenster) beobachteten Vertikalbewegungen überein (SENFTEL 1970), wo ebenfalls südwärts gerichtete Hebungen um rund 1 mm pro Jahr festgestellt wurden. Es konnte bereits gezeigt werden, daß diese Hebungen nicht als isostatische Ausgleichsvorgänge angesehen werden können (STEINHAUSER und GUTDEUTSCH 1976), sondern daß das Einwirken von tektonischen Kräften aus dem Süden her als wahrscheinlichste Ursache in Frage kommt.

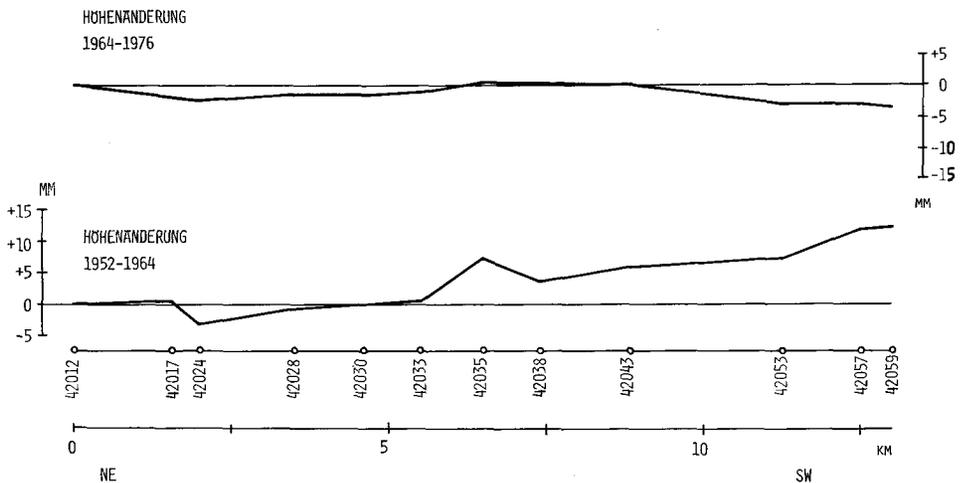


Abb. 2: Höhenvergleich der Nivellements 1952, 1964 und 1976. Ausgehend vom Höhenfixpunkt 42012 sind die Höhenänderungen für die Periode 1952–1964 und die Periode 1964–1972 in mm dargestellt.

In diesem Sinn kann der aus Abb. 2 ersichtliche und durch die statistischen Tests belegte Wechsel des rezenten Bewegungsverhaltens während der beiden Untersuchungsperioden am einfachsten als Folge der Friauler Erdbeben vom Mai und September 1976 gedeutet werden. Diese Beben haben Herdflächenlösungen vom Unterschiebungstypus (CONSOLE 1976, MÜLLER 1977). Der elastische „rebound“-Mechanismus sagt für Unterschiebungen Vertikalbewegungen vorher, wie sie in Abb. 3 schematisch dargestellt sind (FITCH und SCHOLZ 1971). Da der hier untersuchte Nivellementlinienabschnitt etwa 50–70 km vom Zentrum der Friauler Erdbebenaktivität entfernt liegt, kann er mit dem Fernbereich der unterworfenen Struktur von Abb. 3 verglichen werden. Der beobachtete Wechsel der Bewegungsrichtung (siehe Abb. 2) entspricht somit vollständig den Modellvorstellungen. Unter der Voraussetzung, daß man die 1952–1964 beobachtete Hebungsrate bis zum Frühjahr 1976 gleichmäßig extrapoliert, läßt sich die Größenordnung der Senkung infolge elastischen Nachwirkens (rebound) der verschiedenen Erdbeben mit größenordnungsmäßig 15 mm abschätzen. Um aber die hier dargelegten

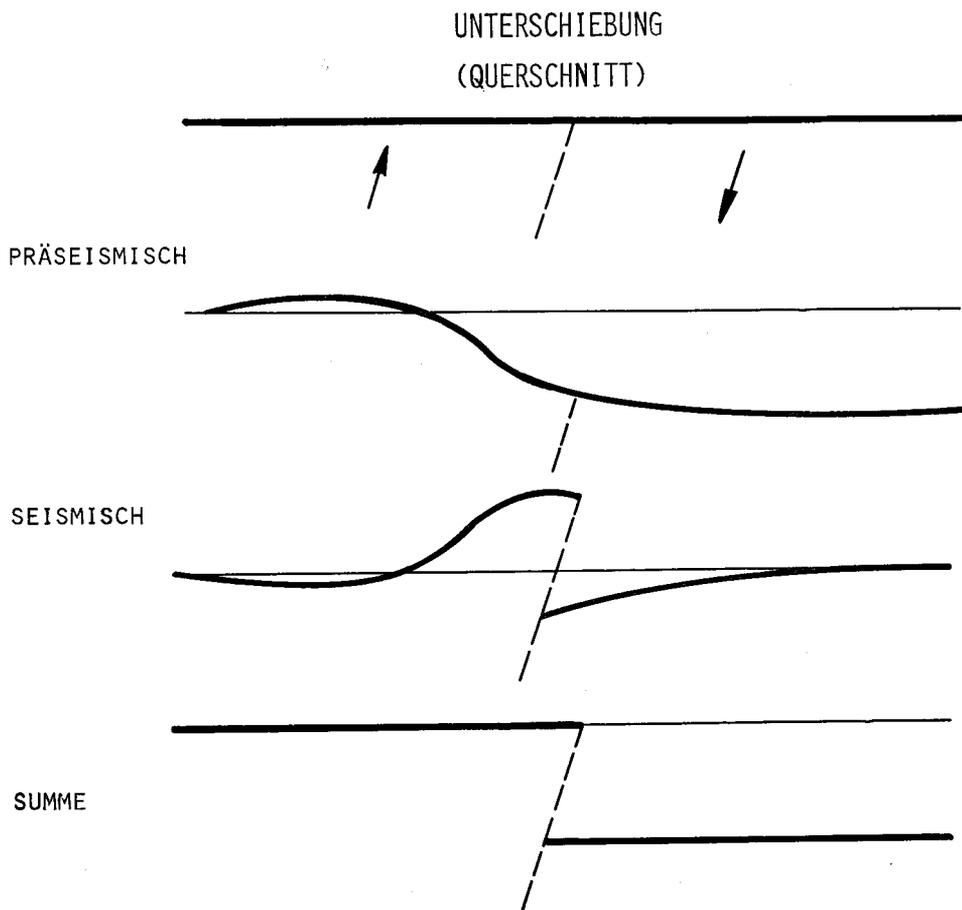


Abb. 3: Schema des elastischen „rebound“-Verhaltens an einer Unterschiebung [nach FITCH und SCHOLZ, 1971]. Die Pfeile geben die Richtung der langzeitlichen Bewegungen beiderseits der Verwerfung an. Die Oberfläche wird durch eine dicke Linie dargestellt. Die ursprünglich ebene Oberfläche (ganz oben) erleidet dadurch eine prä-seismische Deformation. Die durch ein Erdbeben ermöglichte seismische Gegenbewegung führt zur endgültigen Umgestaltung des Querschnitts (ganz unten).

Modellvorstellungen weiter zu erhärten, wird eine Nachmessung der Nivellementlinie in etwa zehn Jahren erforderlich sein.

### Danksagung

Herrn Dr. SENFTL, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, danke ich für die geodätischen Daten und insbesondere dafür, daß auf seine Veranlassung unmittelbar nach den Friauler Erdbeben eine Wiederholungsmessung der Nivellementlinie durchgeführt worden ist. Darüber hinaus möchte ich ihm für die wertvollen Anregungen und Diskussionen herzlichst Dank sagen.

### Literatur

- CONSOLE, R.: Focal Mechanism of some Friouli Earthquakes. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, **19**, 549—555, 1976.
- FITCH, T. J. und Ch. H. SCHOLZ: Mechanism of underthrusting in Southwest Japan: A model of convergent plate interactions. *JGR*, **76**, 7260—7292, 1971.
- KREYSZIG, E.: Statistische Methoden und ihre Anwendungen. 276—279, 1968.
- LUDWIG, R.: Nomogramm zur Prüfung des Produkt-Momentkorrelationskoeffizienten. *Biometrische Zs.*, **7**, 94—95, 1965.
- MULLER, G.: Fault-Plane Solution of the Earthquake in Northern Italy, 6 May 1976, and Implications for the Tectonics of the Eastern Alps. *J. Geoph.*, **42**, 343—349, 1977.
- SENFTEL, E.: Ein Beitrag zum Nachweis rezenter Bewegungen in den Hohen Tauern. *OZV* **58**, 41—47, 1970.
- SENFTEL, E. und Ch. EXNER: Rezente Hebung der Hohen Tauern und geologische Interpretation. *Verh. GBA*, 209—234, 1973.
- STEINHAUSER, P. und R. GUTDEUTSCH: Rezente Krustenbewegungen und Isostasie in den Hohen Tauern. *Arch. Met. Geoph. Biokl.*, Ser. A, **25**, 141—149, 1976.