

Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

1914. Heft I

Januar- bis März-sitzung

München 1914

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



Untersuchung regionaler und lokaler Bodensenkungen im oberbayerischen Alpenvorland durch Feinnivellement.

Von **M. Schmidt.**

Mit 4 Textfiguren.

Vorgetragen in der Sitzung am 7. März 1914.

Auf der ersten Erdmessungskonferenz in Berlin im Jahre 1864 wurde beschlossen, in allen am Erdmessungsunternehmen beteiligten Ländern längs der Eisenbahnen und Landstraßen Nivellements erster Ordnung (Präzisionsnivellements) vorzunehmen, welche als Grundlage für alle weiteren Höhenmessungen und für Untersuchungen über Hebungen und Senkungen des Bodens dienen sollten.

Mit der Aufstellung allgemeiner Grundsätze für die Ausführung derartiger Nivellements befaßte sich sodann die im Jahre 1867 in Berlin abgehaltene zweite allgemeine Konferenz der Bevollmächtigten der an der Europäischen Gradmessung teilnehmenden Staaten, wobei der zu dieser Konferenz eingeladene Geologe, Professor Dr. Sartorius von Waltershausen aus Göttingen, den Vorschlag machte, die Höhenlage der bei diesen Nivellements festgelegten Höhenmarken später in nicht zu langen Zwischenräumen, womöglich von 10 zu 10 Jahren, zu kontrollieren und auf die Möglichkeit hinwies, vertikale Bewegungen des Erdbodens durch in langen Fristen wiederholte Nivellements festzustellen.

In der Schweiz wurde mit der Durchführung von Feinnivellements bereits im Jahre 1864 der Anfang gemacht. In Preußen begann das unter General von Baeyers Leitung stehende geodätische Institut in Berlin im Frühjahr 1867 mit diesen

Arbeiten und auch in Bayern sind Feinnivellements unter v. Bauernfeinds Leitung durch die Erdmessungskommission der K. Akademie der Wissenschaften im Spätherbst des Jahres 1868 auf den das Fichtelgebirge umfassenden Bahnlinien in Angriff genommen und in der folgenden Zeit über das ganze Land diesseits und jenseits des Rheines ausgedehnt worden.

Einen vorläufigen Abschluß haben diese Arbeiten durch Veröffentlichung der Nivellementsergebnisse im Jahre 1893 für das rechtsrheinische Bayern und im Jahre 1895 für die Pfalz gefunden. Die gesamte Länge der bis dahin nivellierten Linien beträgt 3501 km im diesseitigen Bayern und 571 km in der Pfalz, somit zusammen 4072 km.

Aber schon während der Zeit der erstmaligen Durchführung dieser Nivellements sind wiederholte Nivellierungen einzelner Linien zur Aufklärung von Nivellierfehlern und Höhenänderungen von Festpunkten vorgenommen worden.

Die Zeiten der erstmaligen und wiederholten Ausführung dieser Nivellements und ihre Längen sind:

1. Schleife um das Fichtelgebirge . . .	1868/82	243 km
2. Neuenmarkt—Kulmbach—Lichtenfels . .	1869/83	43 „
3. Coburg—Lichtenfels—Bamberg . . .	1869/83	53 „
4. Lindau—Bregenz—Fußach	1869/85	20 „
5. Partenstein—Aschaffenburg—Kahl . .	1871/86	50 „
6. Schwarzenacker—Biebermühle—Kaisers-		
lautern	1892/93	59 „
7. Hochspeyer—Neustadt—Monsheim . .	1892/93	63 „
8. Marnheim—Langmeil—Kreuznach . .	1892/93	55 „
9. Böhl—Mutterstadt	1892/93	9 „
		in Summa 595 km

Unter diesen Nivellementswiederholungen ist als die bemerkenswerteste diejenige des Polygons um das Fichtelgebirge hervorzuheben, welches die Orte Neuenmarkt, Oberkotzau, Eger, Weiden, Bayreuth, Neuenmarkt verbindet.

Diese in den Jahren 1868 und 1869 zum ersten Male nivellierte Schleife besitzt einen Umfang von 243,5 km und

ergab einen Schlußfehler von 108 mm. Ein im Jahre 1878 ausgeführtes einfaches Kontrollnivellement ließ diesen Schlußfehler unaufgeklärt, da sich in den einzelnen Teilstrecken nahezu die gleichen Höhenunterschiede wie früher ergaben. Die Fehlerursache mußte daher in einer ungünstigen Fehleranhäufung auf den langen und steilen Steigungen der Strecken zwischen Neuenmarkt und Stambach, Oberkotzau und Asch, sowie Asch und Franzensbad gesucht werden.

Von entscheidendem Einfluß auf die im Jahre 1882 erfolgte Wiederholung des Nivellements der Fichtelgebirgsschleife war der durch den 3. Internationalen Geographischen Kongreß im September 1881 in Venedig gefaßte Beschluß „die Internationale Geodätische Vereinigung für eine Europäische Gradmessung möge das Feld ihrer Untersuchungen auch auf die durch erneute Präzisionsnivellements meßbaren Bewegungen der Erdrinde ausdehnen“.

Durch die wiederholte Nivellierung der Fichtelgebirgsschleife sollte nun der Nachweis einer solchen Erdkrustenbewegung versucht werden. Das neue Nivellement hatte jedoch nur eine Verminderung des Schleifenschlußfehlers auf 36 mm und des mittleren Kilometerfehlers von 7 auf 2,3 mm als Ergebnis; eine in der Zwischenzeit von 13 Jahren auf der Nivellementslinie etwa erfolgte Bodenbewegung war indessen nicht erkennbar.

In der VI. Mitteilung über das Bayerische Präzisionsnivellement, München 1883, sind die Differenzen der Ergebnisse der beiden Nivellements der Fichtelgebirgsschleife graphisch dargestellt. Die größten Beträge derselben sind bei Falls mit 7 cm und zwischen Haßlau und Franzensbad mit 13 cm angegeben.

Erklärt wurden diese Differenzen durch ungewöhnlich starke Einflüsse der Witterungs- und Bodenverhältnisse auf das Nivellement und durch Änderungen der die Festpunkte tragenden Kunstbauten der Bahn, welche auch lange Zeit nach ihrer baulichen Herstellung, besonders durch den darüber laufenden Verkehr schwerer Lasten, noch Senkungen erfahren können.

Hiezu mag bemerkt werden, daß Senkungen von Erddämmen, die aus zum Rutschen geneigtem Material bestehen, in niederschlagsreichen Witterungsperioden bisweilen sogar in einer die Sicherheit des Bahnbetriebes gefährdenden Größe eintreten und nach unseren eigenen auf der Linie Traunstein—Teisendorf in Oberbayern gemachten Erfahrungen sogar während der Nivellierarbeit selbst Veränderungen im Latten- und Instrumentenstand hervorrufen.

Mit der Erforschung neuzeitlicher Bodenbewegungen hat sich ferner, angeregt durch ein Ersuchen des im Jahre 1903 in Wien abgehaltenen Internationalen Geologenkongresses, die Internationale Vereinigung der Akademien befaßt und bei der Erdmessungskommission ein gemeinsames, internationales Zusammenwirken angeregt, um durch in langen Fristen wiederholte Feinnivellements zu untersuchen, ob insbesondere in den von Erdbeben heimgesuchten Gegenden die Gebirgsketten unveränderlich fest sind, oder ob sie nicht Hebungen oder Senkungen erfahren.

Über diese Frage hat der Direktor des französischen Generalnivelements Herr Lallemand auf der 15. Konferenz der Internationalen Erdmessung in Budapest 1906 einen eingehenden Bericht¹⁾ erstattet, in welchem er nach einer geschichtlichen Einleitung über frühere Untersuchungen dieser Art, die in Frankreich und Japan, in der Umgegend von Agram, am Genfer- und Bodensee, sowie auf dem Telegraphenberg bei Potsdam zur Ausführung gekommen sind, die großen Schwierigkeiten derartiger Untersuchungen bespricht und eingehende Vorschläge für das bei solchen Forschungen anzuwendende Untersuchungsverfahren macht.

Der Berichterstatter empfiehlt nicht nur in den von Erdbeben betroffenen Gegenden, sondern auch in allen übrigen an den Erdmessungsarbeiten beteiligten Ländern zwei oder dreimal im Jahrhundert einige zu einem Netz verbundene Hauptlinien

¹⁾ Verhandlungen der 15. Allgemeinen Konferenz der Internationalen Erdmessung in Budapest, II. Teil, Spezialberichte S. 74. Berlin 1908.

wiederholt zu nivellieren, welche die Hauptbergzüge des Landes überschreiten und sich bis an die Meeresküsten erstrecken, wobei die Längenfehler der Nivellierlatten besonders sorgfältig zu berücksichtigen und die übrigen Nivellierfehler in engeren Grenzen als bisher zu halten seien.

Als noch zulässige Fehlerwerte für die in beiden Richtungen auszuführenden Nivellements schlägt Lallemand vor:

- $\pm 0,8$ mm pro Kilometer für den wahrscheinlichen Wert des zufälligen Fehlers,
- $\pm 0,15$ mm pro Kilometer für den wahrscheinlichen Wert des systematischen Fehlers,
- $\pm 0,015$ mm pro Meter für den Maßvergleichungsfehler der Lattenteilungen,

während nach den im Jahre 1867 von der zweiten Erdmessungskonferenz in Berlin aufgestellten Grundsätzen der wahrscheinliche Fehler der Höhendifferenz zweier um 1 km entfernter Punkte im allgemeinen nicht 3 mm und in keinem Falle 5 mm überschreiten soll.

Die im Jahre 1912 in Hamburg abgehaltene 17. Allgemeine Konferenz der Internationalen Erdmessung hat sodann in Anbetracht der großen Fortschritte, welche die Nivellierkunst seit dem Jahre 1867 gemacht hat, die Grenzwerte der bei Feinnivellements für Erdmessungszwecke zulässigen Nivellierfehler beträchtlich herabzusetzen beschlossen und für in beiden Richtungen ausgeführte Feinnivellements von hoher Genauigkeit (*nivellements de haute précision*) neue Fehlergrenzen festgesetzt, die jedoch die von Lallemand auf der Budapester Konferenz im Jahre 1906 vorgeschlagenen Grenzwerte nicht ganz erreichen. Diese von der Hamburger Konferenz angenommenen neuen Fehlergrenzen sind:

- ± 1 mm pro Kilometer für den wahrscheinlichen Wert des zufälligen Fehlers,
- $\pm 0,2$ mm pro Kilometer für den wahrscheinlichen Wert des systematischen Fehlers.

Die entsprechenden mittleren Fehlerwerte werden durch Multiplikation der wahrscheinlichen Fehlerwerte mit $\frac{3}{2}$ aus letzteren erhalten.

Es mag bemerkt werden, daß die durch die Bayerische Erdmessungskommission seit dem Jahre 1901 ausgeführten Feinnivellements, deren Ergebnisse in Heft 1 der Ergänzungsmessungen zum bayerischen Präzisionsnivellement 1908 veröffentlicht worden sind, bereits diesen erhöhten Anforderungen genügen.

Vertikale Bodenbewegungen können durch wiederholte Nivellierung von Höhenfestpunkten nur dann mit Sicherheit nachgewiesen werden, wenn letztere an anstehendem Gestein, d. h. an natürlichen Felsen, oder an größeren Bauwerken angebracht sind, deren Fundamente bis in frostsichere Tiefe hinabreichen und auf möglichst unveränderlichem festen Untergrund stehen.

Kleinere Kunstbauten an Straßen, Wasserläufen und Eisenbahnen gewähren zumeist nicht die erforderliche Sicherheit, da insbesondere an letzteren durch das Darüberlaufen von schweren Verkehrslasten äußerlich unbemerkbare Veränderungen eintreten können; sie eignen sich daher nicht zu Trägern von auf die Dauer zuverlässigen Höhenfestpunkten. Insbesondere sind auch die an den Verkehrswegen stehenden Abteilungssteine zu dem genannten Zweck unbrauchbar, da sie zumeist nicht bis unter die Frostgrenze in den Boden reichen, welche in Mitteldeutschland 0,50 bis 0,70 m, in Norddeutschland selbst bis zu 1,25 m unter der Bodenoberfläche liegt.

Am zuverlässigsten sind die an gut unterhaltenen, unter amtlichem Schutz stehenden, massiven Gebäuden angebrachten Höhenmarken. Diese letzteren verdienen daher bei Untersuchungen über Bodenbewegung in erster Linie Beachtung. Derartige Hauptfestpunkte sind bei Anlage des bayerischen Nivellementsnetzes ursprünglich in einer Anzahl von 78 Stück hergestellt und zur besseren Versicherung der 44 Netzknotenpunkte in den Jahren 1901 bis 1903 um weitere 142 vermehrt worden.

Diese Vermehrung der gut versicherten Höhenpunkte an den Netzknotenpunkten wird von besonderem Nutzen sein, wenn künftig die auf den Eisenbahnlinien ausgeführten Feinnivellements durch Einschalten weiterer, längs der Straßen und Wasserläufe geführter Nivellementszüge ergänzt, oder zur Wiederherstellung verloren gegangener Festpunkte und zur Untersuchung von Erdkrustenbewegungen wiederholt werden.

Die Feststellung von Erdkrustenbewegungen durch den Vergleich von Nivellementsergebnissen älteren und neueren Datums ist im bayerischen Landesnivellement dadurch erschwert, daß die Netzknoten desselben entgegen den von der zweiten Berliner Erdmessungskonferenz aufgestellten Grundsätzen vom Jahre 1867 im allgemeinen nicht in beiden Richtungen nivelliert worden sind. Es muß daher hier in höherem Maße als sonst mit der Möglichkeit des Vorkommens von Irrtümern in den Beobachtungsergebnissen gerechnet werden, welche durch die Schleifenschlußfehler allein, wenn der Umfang der Schleifen ein beträchtlicher ist, nicht leicht nachzuweisen sind.

Die Gründe, welche den Leiter der bayerischen Nivellementsarbeiten veranlaßt haben, von der durch die Rücksicht auf größere Sicherheit gegen Beobachtungsfehler gebotenen Wiederholung der Liniennivellements in entgegengesetzter Richtung abzusehen, sind wohl in der Notwendigkeit an Zeit und Kosten zu sparen zu suchen, denn ein in beiden Richtungen ausgeführtes Nivellement erfordert nahezu die doppelte Zeit und den doppelten Kostenaufwand, als das einmalige Nivellement. Dazu kam noch, daß man dem angewendeten Nivellierverfahren mit „doppelten Anbindepunkten“, sowie späterhin mit doppelt übereinander gelegten Fußplatten und mit „Reversionslatten“ dieselbe Zuverlässigkeit glaubte zuschreiben zu dürfen, wie einem mit völlig verschiedenen Instrumenten- und Lattenstellungen in beiden Richtungen ausgeführten Doppelnivellement.

Der beim bayerischen Nivellierverfahren aus den Doppelmessungen der Höhenunterschiede der beiden Lattenstandorte in jeder Aufstellung des Nivellierinstruments sich ergebende

sogenannte mittlere Standfehler ist zwar gering und beträgt nur $\pm 0,76$ mm für 1 km Nivellementsänge, dagegen zeigt der aus den Schleifenschlußfehlern durch die Netzausgleichung ermittelte Gesamtfehler für 1 km Länge und 10 m Höhenunterschied den dreimal so großen Wert von $\pm 2,3$ mm. Die Erklärung dieser vergleichsweise beträchtlichen Fehlergröße ist darin zu finden, daß bei den vor dem Jahre 1882 ausgeführten Nivellements nur sehr selten Lattenvergleichen vorgenommen wurden, sowie darin, daß die nur einseitig ausgeführten Liniennivellements keine genügende Sicherheit gegen Refraktionseinflüsse bieten, die sich zwar in ihrer Wirkung in den einzelnen Schleifen gegenseitig aufheben oder stark abschwächen können, in der Netzausgleichung dagegen hervortreten.

Bei den seit dem Jahre 1906 durch die Bayerische Erdmessungskommission in Oberbayern ausgeführten Feinnivellements von nunmehr 334 km Gesamtlänge, bei welchen Gewicht auf sorgfältige, meist täglich ausgeführte Lattenvergleichen gelegt worden ist, haben sich in der Tat wesentlich geringere Fehlerbeträge ergeben und zwar fand sich trotz großer nivellierter Höhenunterschiede aus der Linienausgleichung der nach längerer Zwischenzeit in entgegengesetzter Richtung ausgeführten Doppelnivellements der mittlere zufällige unregelmäßige Kilometerfehler zu $\pm 1,18$ mm und der entsprechende wahrscheinliche Fehler zu $\pm 0,79$ mm; der mittlere und wahrscheinliche systematische Fehler wurde zu $\pm 0,21$ mm bzw. $\pm 0,14$ mm gefunden, während der mittlere Standfehler sich auf $\pm 0,47$ mm stellt. Die Netzausgleichung für das aus 3 Schleifen und 10 Einzellinien bestehende Netz ergab einen mittleren, beziehungsweise wahrscheinlichen Kilometerfehler im Betrage von $\pm 1,65$ mm und $\pm 1,11$ mm.

Diese Fehlerwerte entsprechen somit den von der Hamburger Erdmessungskonferenz im Jahre 1912 für Feinnivellements von hoher Genauigkeit gestellten Anforderungen.

Die Ergebnisse dieser in neuester Zeit in Oberbayern ausgeführten Feinnivellements können daher unbedenklich zur

sicheren Feststellung kleiner Höhenänderungen dienen, auch wenn diese nur wenige Zentimeter betragen.

I. Regionale Höhenänderungen der Inn-Salzachplatte.

In Heft 1 der Ergänzungsmessungen zum Bayerischen Präzisionsnivellement ist mitgeteilt, daß bei den in den Jahren 1904/05 auf der Staatsstraße Passau—Freilassing ausgeführten Nivellements zwischen den Höhenmarken am südlichen Tor der Stadt Laufen an der Salzach und am Stationsgebäude in Freilassing ein um 84,7 mm größerer Höhenunterschied als bei dem erstmaligen Nivellement dieser Strecke im Jahre 1887 gefunden wurde.

Dieser Widerspruch konnte durch sorgfältige Nachprüfung der betreffenden Beobachtungshefte und Rechenlisten nicht aufgeklärt werden. Bei der geringen Entfernung der beiden Höhenfestpunkte von nur 14 km ist derselbe auch sicher nicht durch Anhäufung kleiner zufälliger Beobachtungsfehler entstanden. Da die fragliche Linie zugleich Netzgrenzlinie ist, so fehlte leider die sonst mögliche Probe durch eine anstoßende weitere Schleife.

Zur zweifelsfreien Feststellung etwaiger Höhenänderungen weiterer Punkte derselben Linie ist im Jahre 1906 die ganze 64 km lange Netzlinie Marktl—Freilassing in beiden Richtungen mit dem Ergebnis neu nivelliert worden, daß sich auch der Höhenunterschied der beiden Linienendpunkte um 73,8 mm größer fand, als im Jahre 1887. Dadurch war nunmehr auch ein Anwachsen des Schlußfehlers der 302 km langen Schleife XV Marktl—München—Rosenheim—Freilassing des Hauptnetzes von $+23$ mm auf $+97$ mm bedingt. Bei der großen Sorgfalt der Ausführung des neuen Nivellements in beiden Richtungen mußte das Vorkommen eines größeren Beobachtungsfehlers als nahezu ausgeschlossen betrachtet werden, zumal sein Ergebnis mit dem des zwei Jahre früher von der K. Obersten Baubehörde auf der gleichen Straße ausgeführten Feinnivellements übereinstimmte. Es erschien deshalb eine Wiederholung des Nivellements auch der übrigen Linien der Schleife XV wünschenswert.

Netzskizze

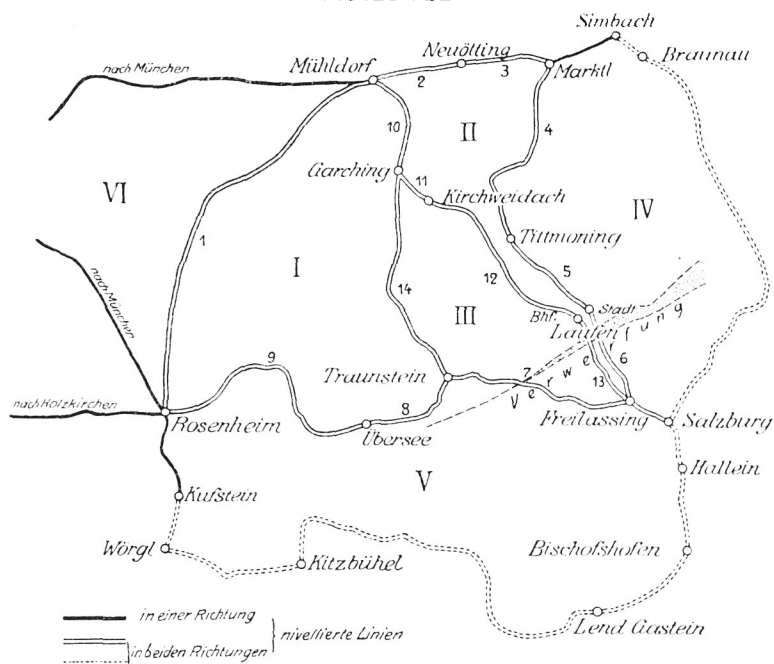


Fig. 1.

Zugleich entstand die Frage, ob die beobachtete Höhendifferenz nicht als die Folge einer Bodensenkung durch Erdkrustenbewegung zu erklären sein könne.

Eine solche hatte nach dem hierüber vom Leiter der geologischen Landesaufnahme von Bayern, Dr. von Ammon, abgegebenen wissenschaftlichen Gutachten in jenem von Erderschütterungen vielfach betroffenen Gebiet große Wahrscheinlichkeit für sich und das um so mehr, als die Nivellementsline an der fraglichen Stelle südlich von Laufen durch eine tektonische Hauptstörungslinie überquert wird, deren Verlauf in der beigegeführten Netzskizze (Fig. 1) angegeben ist.

Die Tektonik des hier in Frage kommenden Gebietes hat kürzlich durch den Landesgeologen Dr. Otto Reis in München

eine sorgfältige Neubearbeitung erfahren. Derselbe teilte als Ergebnis seiner Untersuchungen folgendes mit:

„Zu den jüngsten Bewegungen im Alpengebiet gehören gewisse im Alpenstreichen ONO—WSW erfolgende Bewegungen, für welche man bisher nur in der Kalkzone Beweise zu haben glaubte. Diese Bewegungen haben aber offenbar auch in der Flyschzone, sogar in der Verbreitung der Molasse ihre Stelle gehabt.“

„Es läßt sich nun nachweisen, daß entsprechend dem Salzburger Knie Marzoll—Salzburg eine Zerreißung der Flyschzone stattfand und ein Teil des früher östlich der heutigen Salzach gelegenen Flysches als Teisendorfer Flyschscholle sich nördlich vor den Höglberg—Teisenberg—Kachelstein—Zinnkopfszug vorgeschoben hat. Ähnlich hat sich im Kalkgebirge die sogenannte „Berchtesgadner Masse“ auf die „Bayerische“ emporgeschoben; der Verlauf der Verschiebung entspricht ungefähr dem Saalachtal zwischen Lofer und Reichenhall.“

„Zu dieser Bewegung von ONO nach WSW gehört eine zweite Bewegungs-Gleitfläche, dies ist die als tektonische Gebirgsscheide schon lange erkannte, auch ziemlich geradlinig 5 km südlich von Traunstein und Laufen verlaufende Molassegrenze. Man war früher zum Teil geneigt in dieser Grenze den Südrand eines riesigen Grabenbruches zu sehen, in dessen Becken die Molasse zur Ablagerung gelangte; dann mußte aber bei der Alpenfaltung diese Fläche erneut eine Trennungsfläche geworden sein, an welcher die Molasse relativ gehoben, beziehungsweise die südlich liegende Flyschzone gesunken war.“

„Man wird aber richtiger diese Bewegungsfläche als die Fläche einer in NO—SW bzw. ONO—WSW streichenden Bewegung von NO nach SW auffassen.“

„Da derartige streichende Bewegungen in einem vorher schon stark gefalteten Gebirge auch schon emporragende Gebirgsteile treffen, so können sie nur da ein ausgiebiges Maß erreichen, wo einem sich in OW bewegenden Schollenteil relativ flach liegende Gebirgsgebiete seitlich benachbart sind; es erscheinen so im Kalkgebirge an den Rändern solcher Schub-

schollen flach unter diese untertauchende, viel jüngere Formationen, welche älteren transversalen oder diagonalen Gebirgssenken entsprechen.“

„Etwas ähnliches muß man für das ganze jetzige Saalach- und Salzachgebiet zwischen Lofer und Laufen annehmen, d. h. eine Senke mit nach Ost einfallender Böschung, auf deren westlichen Flügel von Osten her die Schubmassen allmählich emporgerückt sind. Diese Bewegung hat gerade westlich von Teisendorf im Gebiet des alten Bergbaues sehr eigenartige Flözgestaltungen hervorgerufen.“

„Die in der jüngsten Gegenwart etwa noch vorkommenden Niveauverschiebungen könnten als eine Fortdauer jener ost-westlichen Bewegungen mit Emporhebungen im Flyschgebiet gelten; andererseits ist aber auch in der Umgebung jener großen tektonischen Vorgänge die Möglichkeit von späteren örtlichen Eigenbewegungen der Molasse nicht von der Hand zu weisen.“

„Zu erinnern wäre auch in dieser Hinsicht daran, daß manche der zu beiden Seiten der Alpen liegenden Seebecken als ältere „versunkene“ Alpentäler gedeutet werden, was auf Senkungsbewegungen noch in glazialer und postglazialer Zeit hindeuten würde.“

Bei dieser Sachlage konnte somit von einer wiederholten Nivellierung der die Schleife XV des Hauptnetzes bildenden Linien und einiger, diese Schleife transversal teilenden Querlinien, nicht allein Aufklärung über etwaige bei dem früheren Nivellement dieser Linien begangene Beobachtungsfehler erwartet werden, sondern auch Aufschlüsse über neuzeitlich eingetretene regionale Höhenänderungen in diesem Teile des nördlichen Vorlandes der bayerischen Alpen.

Die in diesem Gebiet größtenteils zum ersten Male im Jahre 1871 und neuerdings in der Zeit von 1904 bis 1912 wiederholt nivellierten Linien sind in der Netzskizze Fig. 1 dargestellt. Sie bilden ein aus drei geschlossenen Schleifen bestehendes Netz, welches das nördlich der Bahnlinie Rosenheim—Salzburg zwischen Inn und Salzach sich ausbreitende Gebirgsvorland, die sogenannte Inn-Salzachplatte, überspannt.

Tabelle I

Vergleichung der Nivellementsergebnisse.

Nr.	Streckenbezeichnung	Länge km	Höhenunterschiede			$H_3 - H_2$	m
			ausgeglichen H_1	gemessen 1906—1912 H_2	gemessen 1871—1887 H_3	mm	mm
1	Rosenheim—Mühldorf	61,9	— 37,0498	— 37,0469	— 37,0219	+ 25,0	+ 24,50
2	Mühldorf—Neuötting	13,0	— 41,9440	— 41,9438	— 41,9393	+ 4,5	+ 10,21
3	Neuötting—Marktl	13,2	— 0,0707	— 0,0705	— 0,0644	+ 6,1	+ 10,28
4	Marktl—Tittmoning	29,5	+ 18,1495	+ 18,1521	+ 18,1640	+ 11,9	+ 15,38
5	Tittmoning—Laufen-Stadt	21,5	+ 16,9147	+ 16,9173	+ 16,9225	+ 5,2	+ 13,14
6	Laufen-Stadt—Freilassing	14,0	+ 16,8368	+ 16,8371	+ 16,7535	— 83,6	+ 10,60
7	Freilassing—Traunstein	28,4	+ 175,8532	+ 175,8542	+ 175,8758	+ 21,6	+ 15,08
8	Traunstein—Übersee	14,9	— 70,7733	— 70,7575	— 70,7737	— 16,2	+ 10,92
9	Übersee—Rosenheim	38,4	— 77,9164	— 77,8971	— 77,9006	— 3,5	+ 17,52
10	Mühldorf—Garching	16,5	+ 48,7324	+ 48,7374	—	—	—
11	Garching—Kirchweidach	7,8	+ 40,6936	+ 40,6974	—	—	—
12	Kirchweidach—Laufen-Bahn	29,4	— 59,5883	— 59,5819	—	—	—
13	Laufen-Bahn—Freilassing	12,0	— 19,9514	— 19,9489	—	—	—
14	Traunstein—Garching	33,9	— 137,0071	— 137,0025	—	—	—
	Summe	334,4					

G*

Untersuchung regionaler und lokaler Bodensenkungen etc.

Die zwischen den Hauptfestpunkten der Netzlinien neu-gemessenen Höhenunterschiede sind zunächst zum Zwecke einer scharfen Fehler- und Gewichtsbestimmung einer Linienausgleichung und sodann einer streng methodischen Netzausgleichung unterworfen worden, deren Ergebnisse ausführlich in Heft II der von der Bayerischen Erdmessungskommission zur Veröffentlichung kommenden Ergänzungsmessungen zum Bayerischen Präzisionsnivellement mitgeteilt werden.

Die Tabelle I enthält eine vergleichende Zusammenstellung der Nivellementsergebnisse.

Außer den Werten der ausgeglichenen Höhenunterschiede H_1 sind hier auch jene Höhenunterschiede H_2 und H_3 aufgeführt, welche sich als direkt beobachtete, unverbesserte Beobachtungswerte sowohl aus dem neuen, als auch aus dem älteren, bereits im Jahre 1871 begonnenen Nivellement ergeben haben. Die Tabelle enthält ferner neben den Unterschieden dieser Beobachtungswerte $H_3 - H_2$ auch deren mittlere Fehler m , wie sie sich nach dem Fehlersummierungsgesetz aus den mittleren Fehlern der älteren ($\pm 2,30$ mm) und der neueren Nivellements ($\pm 1,65$ mm) berechnen.

Eine nähere Betrachtung dieser Unterschiede und ihrer mittleren Fehler läßt erkennen, daß in der Strecke Nr. 6 Laufen-Stadt—Freilassing eine größere Differenz von 83,6 mm zwischen beiden Messungen hervortritt, die etwa den 8fachen Betrag des nach der Fehlertheorie zu erwartenden Fehlerwertes $\pm 10,6$ mm zeigt und die zulässige Fehlergrenze beträchtlich überschreitet. Auch die Differenzen der Höhenunterschiede der Linien 7 und 8 sind ein und einhalbmal so groß, als die mittleren Fehler erwarten lassen und bedürfen noch der Aufklärung. Für die übrigen Strecken, die Linie Nr. 1 Rosenheim—Mühldorf ausgenommen, bleiben die Differenzen hinter den entsprechenden mittleren Fehlerwerten beträchtlich zurück. Für die Linie Nr. 1 liegt ein älteres Nivellement nicht vor; der Höhenunterschied der Linienendpunkte ist vielmehr aus der Hauptnetzausgleichung übernommen und

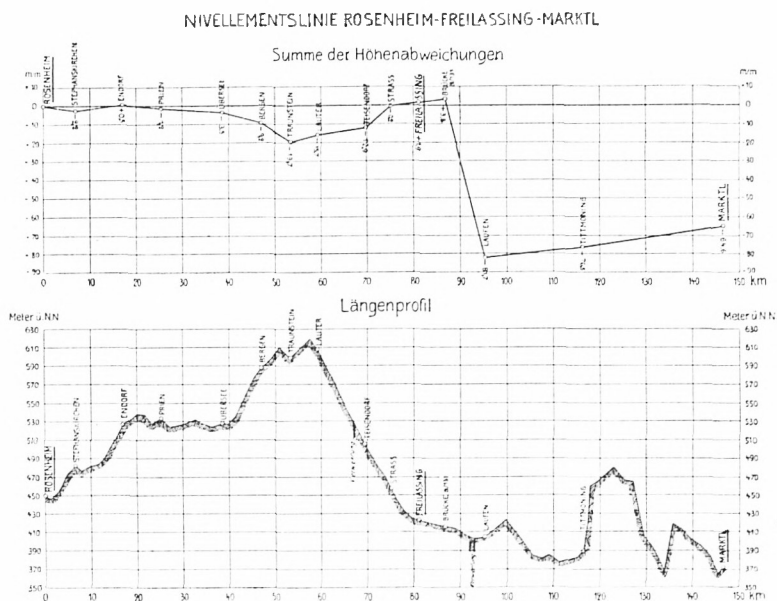


Fig. 2.

durch ein auf dem großen Umweg über München und nur in einer Richtung ausgeführtes Nivellement von 81,6 km Länge bestimmt.

Einen guten Überblick über die Unterschiede der Ergebnisse der älteren und neueren Nivellierung der Netzlinien Rosenheim—Freilassing—Marktl gewährt die in Fig. 2 gegebene graphische Darstellung der von Rosenheim ab summierten Abweichungen der in den einzelnen Teilstrecken gemessenen Höhenunterschiede.

In dieser Darstellung tritt die große Zunahme der Höhenabweichungen gerade an jener Stelle augenfällig hervor, an welcher die Nivellementsline in der Nähe von Laufen durch die vorerwähnte Hauptverwerfungslinie überquert wird. Bemerkenswert ist außerdem noch eine deutliche Beziehung zwischen der Form der Fehlerkurve und dem in der gleichen

Figur in stark überhöhtem Maßverhältnis gezeichneten Längenprofil der Nivellementslinie, dessen höchste Erhebung bei Traunstein und Lauter der tiefsten Einsenkung der Fehlerkurve entspricht, was deutlich auf einen systematischen Nivellierfehler hinweist, der wahrscheinlich durch einen kleinen Fehler der Lattenmeterlänge entstanden ist. Die Einsenkung verschwindet fast, wenn man die Höhenunterschiede des älteren Nivellements um etwa 0,08 mm pro Meter verkleinert.

Die zwischen Laufen und der Straßenbrücke a 131 bei Freilassing festgestellte Höhenabweichung von rund 84 mm bei nur 8,9 km Länge des Nivellements, das 84 Instrumentenstände erforderte, entspricht einem systematischen Fehler von 1 mm für jeden Stand, welcher bei dem geringen Höhenunterschied von 10,2 m der beiden Streckenendpunkte keinesfalls durch einen Fehler der Lattenmeterlänge erklärt werden kann.

Die Frage ob nicht auch Strahlenbrechungseinflüsse die Ursache der großen Höhenabweichung bei Laufen gewesen sein könnten, muß verneint werden, da die durch sogenannte Bodenrefraktion hervorgerufenen Nivellierfehler die beobachteten Höhenunterschiede stets vergrößern, während hier eine Höhenabweichung im entgegengesetzten Sinne vorliegt.

Der Wunsch die bei Laufen aufgefundene Höhenabweichung aufzuklären, hat den damaligen Assistenten am geodätischen Institut der Technischen Hochschule, Diplomingenieur Dr. Franz Kohlmüller veranlaßt den Refraktionseinfluß auf die Zielhöhenablesung an Nivellierlatten durch besondere Beobachtungen näher zu untersuchen und seine Größe festzustellen. Die Ergebnisse der zu diesem Zweck ausgeführten Nivellements hat der Genaunte in seiner Promotionsschrift mit dem Titel „Zur Refraktion im Nivellement, München 1912“ veröffentlicht. Danach haben sich an warmen, sonnigen Tagen und in starken Steigungen, bei welchen die eine der beiden Ziellinien in unmittelbarer Bodennähe verläuft, in der Tat unerwartet große Refraktionsfehler ergeben.

REFRAKTION IM NIVELLEMENT

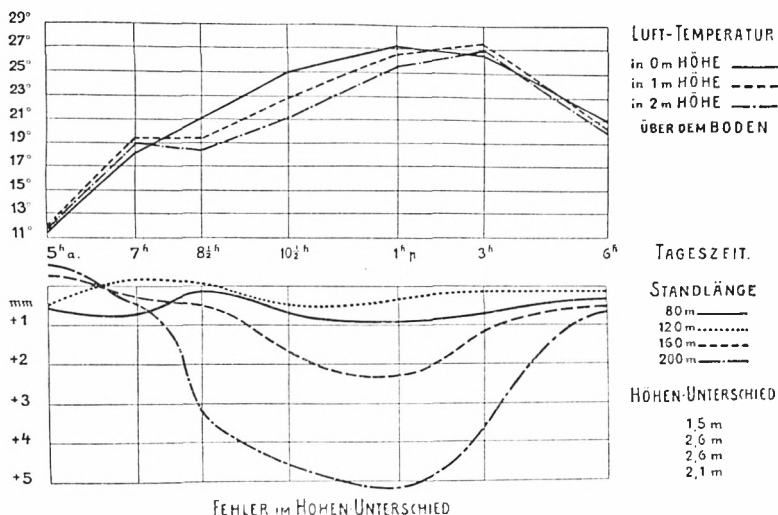


Fig. 3.

Die bei seinen zu verschiedenen Tageszeiten mit Zielweiten von 40 bis 100 m und zugleich bei hohen Tagestemperaturen ausgeführten Versuchen ermittelten Fehler im Höhenunterschied zweier in gleichen Abständen vom Instrument angenommenen Lattenstandorte sind nebst den entsprechenden, in drei verschiedenen Höhen über dem Boden gemessenen Lufttemperaturen in Fig. 3 graphisch dargestellt.

Nur an sehr warmen Tagen mit 25 bis 27° Mittagstemperatur, bei Zielweiten zwischen 40 und 60 m, bei Höhenunterschieden der Lattenstandorte von 1,5 bis 2,6 m und bei großer Bodennähe der einen der beiden Ziellinien beträgt der vorgenannte Fehler etwa 0,5 mm und wirkt stets in vergrößerndem Sinne auf den beobachteten Höhenunterschied, während an kühlen Tagen, bei kleinen Höhenunterschieden und größeren Zielhöhen der Refraktionseinfluß nahezu verschwindet.

Bei dem hier näher in Betracht zu ziehenden erstmaligen Nivellement der Strecke von Laufen bis zur Straßenbrücke

a 131, das am 20. Mai 1887 vorgenommen wurde, ist zu berücksichtigen, daß die Ausführung in eine Jahreszeit fällt, in welcher in der dortigen Gegend hohe Tagestemperaturen selten auftreten. Der Höhenunterschied der Endpunkte der Nivellementsstrecke, die ohne steile Steigungen und Gefälle verläuft, beträgt 10,2 m, wobei in den 84 Instrumentenständen die Höhenunterschiede der Lattenstandorte nur wenige Dezimeter betragen. Es verlaufen demnach die Ziellinien in so beträchtlicher Höhe über der Bodenfläche, daß merkliche Refraktionsfehler nicht zu fürchten sind. Dieselben können daher keine stichhaltige Erklärung für die beobachtete Höhenabweichung von 84 mm bilden.

Wenn die früher ausgesprochene Vermutung richtig ist, daß seit dem erstmaligen im Jahre 1887 ausgeführten Nivellement der Strecke 6 zwischen den Hauptfestpunkten am Stadttor in Laufen und am Stationsgebäude in Freilassing an der Kreuzungsstelle mit der in der Richtung Laufen—Teisendorf verlaufenden tektonischen Hauptstörungslinie eine Erdkrustenbewegung eingetreten ist, so lassen sich auch Höhenänderungen in anderen benachbarten Nivellementslinien, insbesondere auf der Strecke 7 Freilassing—Traunstein und zwar an jener Stelle erwarten, wo diese Strecke von der gleichen Störungslinie überquert wird.

Ein Blick auf den die Höhenabweichungen dieser Strecke in Fig. 2 darstellenden Teil der Fehlerkurve lehrt indessen, daß eine solche Höhenstörung hier nicht eingetreten ist.

Aus der kürzlich vom K. und K. Militärgeographischen Institut in Wien in Bd. XXXII seiner Mitteilungen vom Jahre 1913 veröffentlichten Neuausgleichung der Schleifen IV bis VII des Nivellementsnetzes im westlichen Teile der österreichisch-ungarischen Monarchie ergibt sich noch eine Probe für die Richtigkeit des bayerischen Nivellements der Linie Freilassing—Rosenheim, wenn man die von österreichischer Seite nivellierte Strecken Kufstein—Wörgl—Bischofshofen—Salzburg mit den bayerischen Strecken Salzburg—Freilassing—Rosenheim—Kufstein zu einer Schleife von 331 km Umfang vereinigt.

Je nachdem man hier die älteren oder neueren auf den bayerischen Strecken gemessenen Höhenunterschiede einführt, erhält man Schleifenschlußfehler von $+ 8,6$ mm bzw. $- 5,8$ mm, deren geringe Größe die Richtigkeit der durch die bayerischen Nivellements für die Linie Rosenheim—Freilassing ermittelten Höhenunterschiede und damit auch das Fehlen regionaler tektonischer Höhenstörungen bestätigt.

Endlich kann man auch aus den durch das K. und K. Militärgeographische Institut im Jahre 1880 in beiden Richtungen ausgeführten Nivellierungen der Linie Braunau—Salzburg, deren Ergebnis in Bd. VIII der Astronomisch-Geodätischen Arbeiten des genannten Instituts veröffentlicht ist, den Höhenunterschied der bayerischen Hauptfestpunkte in Marktl und Freilassing auf dem Wege über Simbach berechnen, wenn man die österreichischen Messungsergebnisse auf der genannten Strecke mit den von bayerischer Seite in den Jahren 1871 bis 1875 nivellierten Höhenunterschieden Marktl—Simbach und Freilassing—Salzburg verbindet. Aus diesen älteren österreichischen Messungen, welchen mittlere Kilometerfehler von $\pm 0,70$ mm und $\pm 0,82$ mm zukommen, erhält man den Höhenunterschied Marktl-Bahnhof—Freilassing-Bahnhof zu $+ 51,8892$ m, während durch die bayerischen Messungen in den Jahren 1904 bis 1906 hierfür in Mittel $+ 51,9160$ m gefunden wurde. Der Unterschied beider Werte von $26,8$ mm, welcher den Schlußfehler der 152 km langen Schleife darstellt, kann offenbar als von zufälligen Beobachtungsfehlern herrührend angesehen werden.

Es liegen nunmehr für den Höhenunterschied der Hauptfestpunkte in Marktl und Freilassing folgende vier Bestimmungen aus den beigelegten Jahren vor:

$$\begin{aligned} h_1 &= + 51,8892 \text{ m aus dem Jahr 1880} \\ h_2 &= + 51,8400 \text{ „ „ „ „ 1887} \\ h_3 &= + 51,9256 \text{ „ „ „ „ 1904/05} \\ h_4 &= + 51,9065 \text{ „ „ „ „ 1906.} \end{aligned}$$

Das Mittel der Werte h_1 , h_3 und h_4 gibt

$$h_m = + 51,9071 \pm 10,5 \text{ mm}$$

und weicht von der Messung des Jahres 1887 um $+ 67,1$ mm ab. Dieser Unterschied und damit auch die vermeintliche Höhenstörung bei Laufen darf daher mit großer Wahrscheinlichkeit als ein Beobachtungsfehler des im Jahre 1887 ausgeführten Nivellements gedeutet werden, da es nicht wohl denkbar ist, daß der betrachtete Höhenunterschied sich im Laufe der Jahre zunächst vermindert und dann später um beinahe denselben Betrag wieder vergrößert hat.

Auf allen übrigen Strecken kann von einer im Laufe der letzten Jahrzehnte eingetretenen Höhenänderung keine Rede sein.

II. Höhenänderungen durch Bodensenkung in Penzberg.

Die K. Oberste Baubehörde hat zur Wiederherstellung der an den bayerischen Staatsstraßen gelegenen, im Laufe der Zeit vielfach verfallenen Festpunkte des bayerischen Präzisionsnivelements in den Jahren 1903 bis 1906 ausgedehnte Feinnivelements ausführen lassen und dabei zahlreiche Höhenänderungen an dem Anschein nach gut erhaltenen Höhenpunkten festgestellt. Eine der bedeutendsten Änderungen fand sich bei der am Betriebshauptgebäude des Bahnhofes in Penzberg in Oberbayern im Jahre 1878 angebrachten Höhenmarke Nr. 894¹⁾, für welche sich durch ein von der Höhenmarke an der Pfarrkirche zu Tölz Nr. 3258 ausgehendes, im September 1904 ausgeführtes und im Juli 1905 in entgegengesetzter Richtung wiederholtes Feinnivellement eine Senkung von $0,439$ m ergab.

Da dieser Punkt große Wichtigkeit für den am genannten Ort betriebenen Kohlenbergbau besitzt und im Jahre 1901 gelegentlich der Ausführung der Versicherungsnivelements für die Knotenpunkte des bayerischen Nivellementsnetzes als Ausgangspunkt für die Festlegung von weiteren vier Hauptfestpunkten am gleichen Ort gedient hatte, war eine nähere

¹⁾ Die hier angewendete Nummerierung der Höhenpunkte ist der unter dem Titel „Das Bayerische Landesnivellement“ im Jahre 1910 veröffentlichten Neubearbeitung des Höhenverzeichnisses des Bayerischen Präzisionsnivelements entnommen.

Untersuchung der Höhenänderung dieses Ausgangspunktes sowie der auf ihn bezogenen Versicherungspunkte geboten.

Diese Untersuchung erfolgte durch ein im Jahr 1908 durch die Erdmessungskommission ausgeführtes Feinnivellement, das von den an der Kirche und der Bahnstation in Seeshaupt angebrachten beiden Höhenmarken Nr. 3420 und Nr. 887 ausging und in beiden Richtungen der Bahn entlang vorgenommen wurde.

Um einen für den sicheren Anschluß späterer Nivellements geeigneten, von den Bodensenkungen im Penzberger Felde völlig unabhängigen, zuverlässigen Hauptfestpunkt zu erhalten, ist bei Vornahme des Nivellements im Jahre 1908 an dem 1 km nördlich von der Grube Penzberg gelegenen „Gasthaus zur schönen Aussicht“ eine weitere Höhenmarke Nr. 3410 angebracht und in das in Seeshaupt angeschlossene Feinnivellement einbezogen worden.

Ein Blick auf das in der beigegebenen Abbildung Fig. 4 dargestellte Schichtenprofil des Hauptquerschlags der Grube Penzberg läßt erkennen, daß das die Höhenmarke tragende Gebäude auf dem die Penzberger und Langsee-Mulde trennenden Grundgebirgsrücken gelegen ist, welcher einen von den in beiden Mulden infolge des Kohlenabbaues etwa eintretenden Bodenbewegungen unabhängigen, mächtigen Sicherheitspfeiler darstellt.

Das Ergebnis der im Jahre 1908 wiederholten Nivellierung der in Penzberg im Jahre 1901 angebrachten Versicherungspunkte bestand in der Feststellung einer abermaligen Senkung der Höhenmarke Nr. 894 am Stationsgebäude und einer teilweisen Höhenänderung der Punkte Nr. 3406 bis 3409. Im Juni 1913 wurden die Höhenunterschiede dieser Punkte neuerdings nivelliert und abermals kleine Höhenänderungen derselben beobachtet.

Die Ursache der beobachteten Höhenänderungen muß offenbar in dem in Penzberg betriebenen Kohlenbergbau gesucht werden, weshalb auf die dortigen Bergbauverhältnisse noch etwas näher eingegangen werden soll.

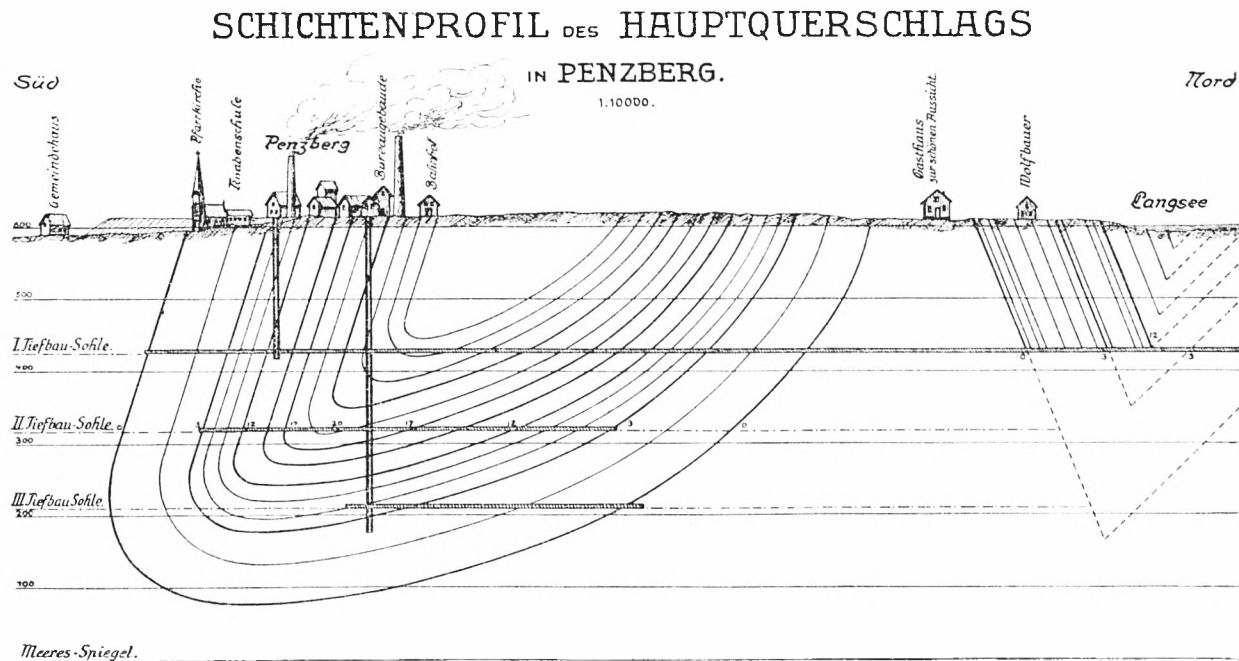


Fig. 4.

Das oberbayerische Pechkohlenvorkommen ist nach einem Bericht des ehemaligen technischen Direktors L. Hertle¹⁾ der Oberbayerischen Aktiengesellschaft für Kohlenbergbau in Miesbach, der sich in seinem geognostischen Teil auf die in den Jahren 1854—1859 von Dr. v. Gümbel ausgeführten Aufnahmen stützt, an Gebirgsschichten gebunden, welche eine Mächtigkeit von 1000 bis 1200 m besitzen und aus kalkigen, tonigen und sandigen Mergeln bestehen, welche der oligozänen Molasse angehören.

Die kohlenführenden Schichten bilden mehrere durch Faltung entstandene Mulden, wodurch eine Wiederholung der Schichten stattfindet, die in ihren oberen, zutage gehenden Teilen umgekippt erscheinen, wie aus dem in der Abbildung Fig. 4 dargestellten Schichtenprofil des Hauptquerschlages in Penzberg ersichtlich ist.

Die muldenförmige Schichtenlagerung ist auf die während der jüngsten Tertiär- und Diluvialzeit erfolgten gewaltsamen Störungen in der Erdkruste zurückzuführen, die mit dem Aufbau der Alpen und dem dabei erzeugten Seitendruck auf die am Nordrand derselben vorgelagerten Massen in innigem Zusammenhang stehen. Die dadurch erzeugten Bewegungen scheinen auch heute noch nicht völlig zur Ruhe gekommen zu sein und hin und wieder durch die in den Ostalpen auftretenden Erderschütterungen ausgelöst zu werden.

In der Penzberger Mulde, welche längs des Nordfußes der bayerischen Alpen in der Ostwestrichtung streicht, kennt man 24 Kohlenflöze, aus welchen schon seit Mitte des 18. Jahrhunderts Kohlen in geringer Menge zum Kalk- und Ziegelbrennen gewonnen wurden. Der lebhaftere Kohlenabbau beginnt jedoch erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach dem Ausbau der über Tutzing und Starnberg nach München führenden Eisenbahn und ist jetzt auf über 200 000 Tonnen jährlich gestiegen.

¹⁾ Bericht über den VII. Allgemeinen Deutschen Bergmannstag zu München im Jahre 1898. Herausgegeben von der Redaktion der Zeitschrift „Glückauf“ in Essen.

Die Hauptabbaue werden auf den in der Profilskizze durch Nummerierung ersichtlich gemachten Flözen 3, 12, 17, 19 und 20 geführt. Dieselben besitzen häufig eine Mächtigkeit von 0,7 bis 0,8 m, stellenweise auch eine solche von 3 bis 4 m.

Die durch Kohलगewinnung entstandenen Hohlräume werden zwar durch Bergversatz sorgfältig wieder ausgefüllt, doch ist es nicht zu vermeiden, daß dieser durch den Gebirgsdruck nach und nach zusammengepreßt wird, wodurch bis an die Tagesoberfläche reichende Senkungen der darüber lagernden Gebirgsschichten entstehen.

Der Festpunkt Nr. 894 am Stationsgebäude in Penzberg bildet den Vereinigungspunkt (Knotenpunkt) der 40,5 bzw. 22,6 und 45,1 km langen Netzlinien 44 Holzkirchen—Tölz—Penzberg, 45 Tutzing—Seeshaupt—Penzberg und 56 Mittenwald—Sonnenspitze—Penzberg. Zwischen der Höhenmarke Nr. 894 in Penzberg und den benachbarten Zwischenpunkten der genannten Linien in Tölz, Seeshaupt und an dem Sonnenspitze, deren Höhen als unveränderlich betrachtet worden sind, wurden im Laufe der Zeit mehrfache Nivellierungen ausgeführt, welche die in Tabelle II eingetragenen Höhenunterschiede ergeben haben. Die Werte derselben sind den in der letzten Spalte der Tabelle abgekürzt bezeichneten Veröffentlichungen entnommen. Diese sind die Mitteilungen V und VI von Bauernfeinds (B. M.) über das Bayerische Präzisionsnivellement in den Abhandlungen der Akademie, II. Klasse 1879 und 1883, die Oertelsche Bearbeitung (Oe. B.) desselben Nivellements vom Jahre 1893 und die vom Berichterstatter bearbeiteten Ergänzungsmessungen (E. M.), Heft 1, 1908. Die Höhen der Anschlußpunkte sind auch in dem vom Berichterstatter bearbeiteten neuen Höhenverzeichnis vom Jahre 1910 enthalten. Die Umrechnung der in den B. M. angegebenen, auf den alten bayerischen Generalhorizont bezogenen Höhenkoten auf Höhen über N. N. erfolgt durch Subtraktion dieser Höhenkoten von der Generalhorizonthöhe, welche 861,0798 m über N. N. liegt.

Tabelle II.

Höhen des Festpunktes Nr. 894 am Stationsgebäude in Penzberg.

Nr.	Ausgangspunkte	Höhen über N. N.	Zeit der Nivellements	Länge	Höhen- unterschied	Höhen Nr. 894 über N. N.	Bemerkungen
		m		km	m	m	
1	891 Tölz (Betriebsgebäude) .	688,666	1883	18,9	— 83,354	605,312	B. M. VI, p. 59/60
2	8258 Tölz (Pfarrkirche) . .	658,803	1904	18,9	— 53,933	604,870	E. M. 1, p. 58/59
3	8258 „ „ . .	658,803	1905	18,9	— 53,949	604,854	E. M. 1, p. 58/59
4	8420 Seeshaupt (Pfarrkirche)	596,954	1878	8,5	+ 8,352	605,306	B. M. V, p. 54
5	8420 „ „	596,954	1908	8,5	+ 7,827	604,781	E. M. 2, p. —
6	8281 Sonnenspitze	606,913	1878	16,5	— 1,555	605,358	B. M. V, p. 84
7	8281 „	606,913	1904	16,5	— 2,021	604,892	E. M. 1, p. 59/68
8	8281 „	606,913	1905	16,5	— 2,033	604,880	E. M. 1, p. 59/68

Durch eine einfache Ausgleichung der vorstehenden Beobachtungen unter Annahme einer der Zeit proportionalen Senkung und unter Einführung der im Jahre 1908 durch Nivellement in beiden Richtungen ermittelten Höhe des Festpunktes $\odot 894$ mit doppeltem Gewicht erhält man den wahrscheinlichsten Wert der Höhe dieses Punktes im Monat Mai 1908 zu 604,799, während die Messung den in der Tabelle angeführten Werte 604,781 geliefert hat. Diese Übereinstimmung muß als befriedigend betrachtet werden, da die Annahme einer der Zeit proportional verlaufenden Senkung der Wirklichkeit nicht genau entspricht.

Die erwähnte Ausgleichung hat außer der angegebenen Höhe des Festpunktes $\odot 894$ auch den Betrag der jährlichen Senkung dieses Punktes für die Zeit zwischen 1878 und 1908 zu 18,2 mm ergeben. Hieraus läßt sich nun die Höhenkote desselben für eine beliebige Zwischenzeit mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit ableiten. So erhält man beispielsweise für das Jahr 1901, in welchem die Nivellierung der für den Netzknotenpunkt Penzberg angebrachten Versicherungspunkte erfolgt ist, eine um 127 mm größere Höhe als im Jahre 1908.

Nimmt man für die Zeit des Frühjahres 1908 als zuverlässigste Höhe des Punktes $\odot 894$ den Wert 604,7805 an, welchen das von der Höhenmarke an der Pfarrkirche in Seeshaupt ausgehende und in beiden Richtungen mit einem mittleren Kilometerfehler von $\pm 1,04$ mm ausgeführte Nivellement im genannten Jahre ergeben hat, so findet man für das Frühjahr 1901 eine um 127,4 mm größere Höhe, nämlich 604,9079. Von dieser für das Jahr 1901 berechneten Höhe ausgehend, lassen sich nunmehr auch die Höhenkoten der übrigen im gleichen Jahre neu hergestellten Versicherungspunkte angeben, die in Tabelle III angeführt sind.

Tabelle III.

Höhen der Versicherungspunkte des Knotenpunktes Penzberg.

Nr.	Lage	1901	1908	1913	Senkung 1901—1913
⊙ 894	Stationsgebäude .	604,9079	604,7805	604,6092	— 0,2987
⊙ 3406	Bürogebäude . .	617,0778	617,0553	617,0391	— 0,0387
⊙ 3407	Pfarrkirche . .	599,2290	599,2289	599,2115	— 0,0175
⊙ 3408	Knabenschule . .	601,2537	601,2399	601,2134	— 0,0403
⊙ 3409	Gemeindehaus .	598,2442	598,2464	598,2335	— 0,0107
⊙ 3410	Gasthaus zur schönen Aussicht .	—	620,2673	620,2673	—

Als letzter Versicherungspunkt der Tabelle III ist der oben bereits erwähnte, im Jahre 1908 am Gasthaus zur schönen Aussicht bei Penzberg neu angebrachte Haupthöhenpunkt ⊙ 3410 aufgeführt, welchem infolge seiner Lage auf dem zwischen der Penzberger und Langsee-Mulde vorhandenen Grundgesteinsrücken eine gegen Senkungen besonders gesicherte Lage zuerkannt werden muß. Das von diesem Punkte im Jahre 1913 ausgehende Nivellement der übrigen Versicherungspunkte hat die in der mit 1913 überschriebenen Spalte der Tabelle III aufgeführten Höhen über N. N. ergeben. Unter diesen zeigt die Höhe des Punktes ⊙ 894 am Stationsgebäude einen um 71,3 mm kleineren Wert als im Jahre 1908. Es ist somit in den letzten 5 Jahren abermals eine Senkung des Punktes ⊙ 894 von 14,3 mm im Jahre eingetreten, so daß die Gesamtsenkung desselben gegen seine mittlere Höhe 605,332 im Jahre 1878 0,723 m beträgt. Auch in der Zeit von 1901 bis 1913 ist die Senkung am Stationsgebäude am größten und beträgt rund 0,3 m in 12 Jahren oder 25 mm in jedem Jahr. Die Senkung der übrigen Versicherungspunkte ist eine wesentlich geringere und nimmt gegen die Ränder der Mulde hin rasch ab. Die geringste Senkung zeigt der Punkt ⊙ 3409 am Gemeindehaus, was ganz der örtlichen Lage der Punkte entspricht, da das Stations-

gebäude über dem Tiefsten der Penzberger Mulde, das Gemeindehaus aber am äußersten südlichen Flügel derselben gelegen ist. Dank der sorgfältigen Ausfüllung durch Bergversatz der durch den Kohlenabbau im Berginnern gebildeten Hohlräume sind Spaltenbildungen und Einsenkungen in der Bodenoberfläche in bemerkbarer Größe im Grubenfeld nicht eingetreten; auch von Rißbildung in Gebäudemauern ist außer an einem Nebengebäude des Stationshauses und am Hause des Knappschaftsarztes in Penzberg wenig zu bemerken.

Die Nivellementsergebnisse lassen deutlich erkennen, daß nicht unbeträchtliche Senkungen in den die abgebauten Kohlenflöze überlagernden Gebirgsschichten in Penzberg eingetreten sind und noch andauern. Zu Zerreißen dieser Schichten und zur Entstehung von Tagebrüchen, in deren Gefolge größere Bergschäden aufzutreten pflegen, ist es indessen bisher nicht gekommen.
