

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

ABHANDLUNGEN · NEUE FOLGE, HEFT 87

MAX KNEISSL UND RUDOLF SIGL

Geodätische Beiträge
zur naturwissenschaftlichen Erforschung
Bayerns

Mit 3 Abbildungen

Vorgelegt am 10. Januar 1958

MÜNCHEN 1958

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
IN KOMMISSION BEI DER C. H. BECK'SCHEN VERLAGSBUCHHANDLUNG MÜNCHEN

VORWORT

Die Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung konnte in den letzten Jahren dank einer fühlbaren Erhöhung ihrer Haushaltsmittel und besonderer Zuschüsse aus Stiftungsmitteln der Bayerischen Akademie der Wissenschaften sowie einer Zuwendung von seiten der Gesellschaft der Freunde der Bayerischen Akademie der Wissenschaften ihre astronomisch-geodätischen Feldarbeiten planmäßig fortsetzen und darüber hinaus auch kleinere trigonometrische und nivellitische Feldarbeiten ausführen, über die hier berichtet werden soll.

Die Beobachtungen wurden unter Leitung des Unterzeichneten vom Observator der Kommission, Herrn Dr.-Ing. R. SIGL, durchgeführt. Herr Dr. SIGL besorgte auch alle Berechnungen und im wesentlichen auch die Zusammenstellung des vorliegenden Berichts.

Den oben genannten Stellen darf für die finanzielle Förderung der Arbeiten und für die freundliche Unterstützung der Drucklegung bestens gedankt werden.

M. KNEISSL

Ständiger Sekretär der Bayer. Kommission
für die Internationale Erdmessung

INHALT

Vorbemerkung und Zusammenfassung	7
--	---

Erster Teil

Astronomisch-geodätische Beobachtungen in der LAPLACE-Punkt-Hauptgruppe München und Überprüfung der Orientierung des Bayerischen Hauptdreiecksnetzes

1. Zusammenstellung der Beobachtungsergebnisse	11
2. Berechnung der LAPLACESchen Widersprüche	12
a) Die LAPLACESchen Widersprüche in den Randpunkten	13
b) Der repräsentative LAPLACESche Widerspruch im Zentralpunkt München	15

Zweiter Teil

Trigonometrische Höhenmessungen 1956 am Sylvenstein zur Bestimmung des Refraktionskoeffizienten

1. Beobachtungsanordnung und Beobachtungsergebnisse	19
2. Berechnung der Höhenunterschiede	23
3. Berechnung des Refraktionskoeffizienten	25
4. Zusammenfassung	26

Dritter Teil

Senkungserscheinungen im Kohlenbergbaugebiet Peißenberg – Hohenpeißenberg (Durchführung eines Feinnivellements an der Bahnlinie Peißenberg – Peiting)

1. Vorbemerkung	29
2. Anordnung der Beobachtungen	29
3. Beobachtungsergebnisse und ihre Genauigkeit	29
4. Senkungen entlang der Nivellementslinie	32
Anhang	35

VORBEMERKUNG UND ZUSAMMENFASSUNG

Im vorliegenden Heft wird über einige in den letzten Jahren von der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung durchgeführte astronomische und geodätische Arbeiten in Bayern berichtet.

1. Auf Grund der Empfehlungen der Internationalen Assoziation für Geodäsie auf Neu-
beobachtung LAPLACEScher Punkte in den europäischen Ländern wurden auch in
Bayern zahlreiche astronomisch-geodätische Beobachtungen durchgeführt und dabei
eine LAPLACEpunkt-Hauptgruppe rund um München angelegt. Diese Gruppe umfaßt
den Zentralpunkt München und die Randstationen Hohenpeißenberg, Mittelstetten,
Schweitenkirchen, Mittbach und Wendelstein. Auf diesen Punkten wurden neue
Azimut-, Breiten- und Längenbeobachtungen durchgeführt. Damit ist eine durch-
greifende Überprüfung der Orientierung des Hauptdreiecksnetzes in diesem Bereich
möglich. Die Ergebnisse dieser Überprüfung sind im I. Teil dieses Berichtes vorge-
tragen. Neben einer kurzen Zusammenstellung der astronomischen Azimute, Längen
und Breiten finden sich dort die auf zwei verschiedene Arten gerechneten LAPLACESchen
Widersprüche. Diese Widersprüche sind allerdings nur vorläufige, weil an den Beobach-
tungen noch kleine Reduktionen anzubringen sind und weil für München noch die alte
Länge der alten Münchener Sternwarte benutzt werden mußte. Sie betragen im Durch-
schnitt $+1,4''$ und lassen damit eine geringe Verdrehung des Netzes vermuten; aus der
geringen Zunahme des Widerspruchs nach Osten hin ist überdies eine geringfügige
Deformation des Netzes zu erkennen. Die Ableitung eines für München repräsentativen
mittleren Widerspruchs ergab $+0,56''$. Da auch dieser Widerspruch nur vorläufigen
Charakter hat, ist eine endgültige Aussage noch nicht möglich, doch kann schon jetzt
auf Grund der vorliegenden neuen Messungen die Orientierung des Netzes als sehr be-
friedigend bezeichnet werden.
2. In der Arbeit „Studien zur trigonometrischen Höhenmessung im Gebirge“¹ berechnete
W. HOFMANN aus seinen in der Zeit vom 14. bis 20. August 1951 zwischen Stuhlbach-
joch-N (1736 m ü. N. N.) und Staffel (1532 m ü. N. N.) im Gebiet des Sylvenstein-
speichers ausgeführten trigonometrischen Höhenmessungen für den Refraktionskoeffi-
zienten den Wert $k = 0,20$, während dieser Wert aus langjährigen Erfahrungen mit
 $k = 0,13 \pm 0,03$ anzusetzen ist. Professor Dr. FINSTERWALDER beurteilte schon früher
diesen außergewöhnlich hohen Wert von 0,20 sehr kritisch und schlug vor, die Messungen
und die Berechnung des Refraktionskoeffizienten wiederholen zu lassen.
Hierfür wurden in der Zeit vom 15. Oktober 1956 bis 19. Oktober 1956 zwei Beobach-
ter, Herr Dr. R. SIGL (Bayerische Kommission für die Internationale Erdmessung) und
Herr Dr. MARZAHN (D. G. F. I., München) eingesetzt. Dabei wurde, um eine etwaige

¹ W. HOFMANN: Studien zur trigonometrischen Höhenmessung im Gebirge. Abhandlungen der Bayeri-
schen Akademie der Wissenschaften, Mathem.-naturwissenschaftliche Klasse, Neue Folge Heft 70, 1955.

Abhängigkeit des Refraktionskoeffizienten von persönlichen und instrumentellen Beobachtungsfehlern untersuchen zu können, angeordnet, die Messungen vollständig unabhängig mit verschiedenen Instrumenten auf exzentrischen Beobachtungsständen z. T. gleichzeitig und in entgegengesetzter Richtung durchzuführen. Durch diese Anordnung wurden vollständig unabhängige Messungen erreicht, die erst nach Durchführung umfangreicher Zentrierungsrechnungen miteinander verglichen werden konnten. Zugleich sollte ein Vergleich mit den früher bestimmten Höhenunterschieden durchgeführt werden. Dagegen war nicht beabsichtigt, bekannte Gesetzmäßigkeiten der Refraktion, wie täglicher Gang und dergleichen, abzuleiten; dazu sind die Beobachtungsreihen der einzelnen Tage zu kurz, weil infolge der fortgeschrittenen Jahreszeit nur in den Mittagsstunden beobachtet werden konnte. Überdies liegen nur für wenige Tage Beobachtungen vor.

Aus den Messungen der beiden Beobachter ergab sich in guter Übereinstimmung der Refraktionskoeffizient für die Zeit des Refraktionsminimums ziemlich konstant zu 0,15 und erwies sich für die Dauer der Messung nahezu unabhängig von der Wetterlage, von Beobachter und Instrument.

3. Auf Vorschlag von Herrn Prof. Dr. H. REICH, München, wurde zum Nachweis von Senkungserscheinungen im Kohlenbergbaugebiet Peißenberg–Hohenpeißenberg in diesem Gebiet in der Zeit vom 5. bis 9. August 1957 ein Feinnivellement durchgeführt und dieses mit einem 1941 vom Bayer. Landesvermessungsamt durchgeführten Nivellement II. O. verglichen.

Aus dem Vergleich der neuen und alten Höhen für 18 Höhenfestpunkte konnten für das Gebiet Peißenberg–Hohenpeißenberg eindeutig Senkungserscheinungen festgestellt werden, die mit wenigen Ausnahmen 0,25 bis 0,30 m betragen. Die aus den doppelt gemessenen Höhenunterschieden gerechneten mittleren Fehler ergaben $\sigma = +0,29 \text{ mm/km}$ und $\mu_0 = \pm 0,47 \text{ mm/km}$ (systematischer bzw. mittlerer zufälliger Kilometerfehler). Die erreichte Genauigkeit entspricht somit den Anforderungen eines Feinnivellements.

Die nachgewiesenen Senkungserscheinungen lassen es zweckmäßig erscheinen, die Nivellements in regelmäßiger Folge – etwa alle 3 Jahre – zu wiederholen und ihren Umfang so auszudehnen, daß das Senkungsgebiet flächenhaft abgegrenzt und fortlaufend untersucht werden kann.

ERSTER TEIL

ASTRONOMISCH-GEODÄTISCHE BEOBACHTUNGEN
IN DER „LAPLACEPUNKT-HAUPTGRUPPE MÜNCHEN“

UND

ÜBERPRÜFUNG DER ORIENTIERUNG
DES BAYERISCHEN HAUPTDREIECKSNETZES

1. ZUSAMMENSTELLUNG DER BEOBACHTUNGS- ERGEBNISSE

Über die in den Jahren 1950–56 in Süddeutschland ausgeführten Beobachtungen ist bereits früher ausführlich berichtet worden.¹ Diesen Veröffentlichungen entnehmen wir folgende Beobachtungsergebnisse:

Tabelle 1

a) Azimutmessungen		Azimut α	Beobachter	Beob.- Jahr
von	nach			
1. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange	48°05'56,91''	F. Mühlig	1952
2. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange	48 05 57,21	W. Strohmeier	1952
3. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	Wendelstein, Brannenburg, F.I.O.	97 52 40,47	W. Strohmeier	1952
4. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	Wendelstein, Brannenburg, F.I.O.	97 52 39,75	F. Mühlig	1952
5. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	Mittelstetten, Längenmoos, F.I.O.	9 31 40,40	R. Sigl	1954
6. München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange	Schweitenkirchen, F.I.O.	3 30 18,33	W. Strohmeier E. Messerschmidt R. Sigl	1953
7. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	278 37 13,10	G. Wermann	1956
8. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	278 37 13,46	W. Strohmeier	1951
9. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	Mittbach, Turm-Pf. 1939	1 27 27,63	W. Strohmeier	1951
10. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	Mittbach, Turm-Pf. 1939	1 27 27,51	G. Wermann	1956
11. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange	326 00 55,65	G. Wermann	1956

¹ Vgl. hierzu den von W. GROSSMANN der XI. Generalversammlung der IUGG vorgelegten Bericht über die in den Jahren 1954–1957 ausgeführten Arbeiten, III. Teil, Astronomische Ortsbestimmung, bearbeitet von R. SIGL, München, Veröffentlichung der DGK, München 1957, und die dort angegebenen Schriften:
STROHMEIER, W.: Drei astronomisch bestimmte Azimute in Bayern, 1950–1951; Veröff. d. Bayer. Erdm.-Komm., Heft 16, München 1952.

STROHMEIER, W.: Das Azimut von Hohenpeißenberg nach dem Wendelstein und nach München; Veröff. d. Bayer. Erdm.-Komm., Heft 17, München 1953.

SIGL, R.: Azimut- und Breitenbestimmungen auf dem Nordturm der Münchener Frauenkirche; Veröff. d. Bayer. Erdm.-Komm., Heft 19, München 1953.

SIGL, R.: Astronomisch-geodätische Messungen im Jahre 1952 auf dem Hohenpeißenberg; Veröff. d. DGK, Reihe B, Heft 9, München 1953.

SIGL, R.: Astronomisch-geodätische Beobachtungen I. Ordnung 1954; Veröff. d. DGK, Reihe B, Heft 24, München 1956.

SIGL, R.: Astronomisch-geodätische Arbeiten 1955; Veröff. d. DGK, Reihe B, Heft 40.

WERMANN, G.: Azimut- und Breitenbeobachtungen 1955/56; Veröff. d. DGK, Reihe B, Heft 38.

Das Gegenazimut Schweitenkirchen–München steht noch zur Beobachtung an; hierfür ist in Schweitenkirchen ein Beobachtungsturm erforderlich, der voraussichtlich 1958 für Triangulationsarbeiten vom Bayer. Landesvermessungsamt errichtet wird.

Tabelle 2

b) Längenbeobachtungen

Die folgenden Längen der drei Feldstationen Hohenpeißenberg, Wendelstein und Schweitenkirchen sind Längendifferenzen, bezogen auf den „Referenzpunkt München“ (Pfeiler N.O. auf der Techn. Hochschule München).

Station	Längenunterschied $\Delta \lambda$	Beobachter	Beob.- Jahr
1. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, B. O.	— 33' 35,94''	R. Sigl	1955
2. Schweitenkirchen, F. I. O.	+ 2 17,45	R. Sigl	1955
3. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	+ 26 33,89	R. Sigl	1955

Tabelle 3

c) Breitenbeobachtungen

Station	Astron.-geogr. Breite φ	Beobachter	Beob.- Jahr
1. Hohenpeißenberg, Wetterwarte, Bolzen Ost	47° 48' 11,19''	E. Messerschmidt	1952
2. München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange	48 08 19,50	W. Strohmeier E. Messerschmidt	1953
3. Schweitenkirchen, F. I. O.	48 30 20,77	R. Sigl	1955
4. Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	47 42 27,09	G. Wermann	1955/56

2. BERECHNUNG DER LAPLACESCHEN WIDERSPRÜCHE

Die LAPLACESchen Widersprüche werden auf zwei verschiedene Arten gerechnet, und zwar zunächst in den einzelnen Punkten, und daran anschließend noch im Zentralpunkt München durch Zusammenfassung aller Beobachtungen, um für diesen Punkt einen repräsentativen Wert zu erhalten.

Dabei ist zu beachten, daß alle im folgenden gerechneten Widersprüche als vorläufig anzusehen sind. Einmal muß für die Ableitung der Längen der Feldstationen von der alten Länge der Münchener Sternwarte (telegraphisch bestimmt) ausgegangen werden.¹ Eine neue Längenbestimmung für den Referenzpunkt München wurde 1957 durch Anschluß an Genf (unabhängige Längendifferenzen zweier Beobachter) durchgeführt, doch liegen die

¹ Vgl. hierzu „Astronomisch-geodätische Arbeiten 1955“, Abschnitt III, Veröff. d. DGK, Reihe B, Heft 40.

Resultate hierzu noch nicht vor. Zum anderen sind bei den Azimuten zum Teil noch die Reduktionen auf den mittleren Pol, bei allen Azimuten aber noch die Reduktionen wegen Höhe des Zielpunktes und wegen Lotabweichung anzubringen.

a) Die LAPLACESchen Widersprüche in den Randpunkten

Da für den Hohenpeißenberg und für den Wendelstein jeweils mehrere Azimute (Fig. 1) vorliegen, wurden diese auf die Seite Hohenpeißenberg–München bzw. auf die Seite Wendelstein–München mit Hilfe der vorliegenden amtlichen Winkelmessungen I. O. bezogen.¹

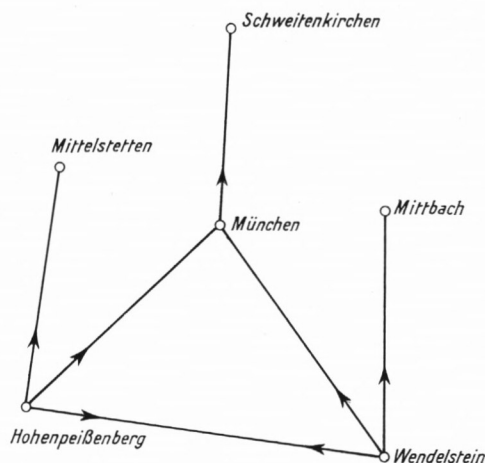


Fig. 1

Tabelle 4

Vereinigung der Azimutbeobachtungen auf dem Hohenpeißenberg und Überführung auf die Hauptdreiecksseite Hohenpeißenberg–München

1) Beobachtete Azimute	2) Übertragungswinkel	3) Azimut Hohenpeißenberg–München
1. 48° 05' 56,91''	—	48° 05' 56,91''
2. 48 05 57,21	—	48 05 57,21
3. 97 52 40,47	49° 46' 41,63''	48 05 58,84
4. 97 52 39,75	49 46 41,63	48 05 58,12
5. 9 31 40,40	38 34 17,48	48 05 57,88

Die Zusammenfassung der Einzelwerte in Spalte 3 durch einfache Mittelbildung ergibt das Azimut

von Hohenpeißenberg, Wetterwarte nach München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange zu

$$\alpha = 48^{\circ} 05' 57,79'' \pm 0,32''.$$

¹ Das Bayer. Landesvermessungswerk, Heft 4, Teil I, Beobachtungsauszüge und Beobachtungswidersprüche, München 1953.

Tabelle 5

Vereinigung der Azimutbeobachtungen auf dem Wendelstein und Überführung auf die Dreiecksseite Wendelstein-München

1) Beobachtete Azimute	2) Übertragungswinkel	3) Azimut Wendelstein-München
7. 278° 37' 13, 10''	+ 47° 23' 43, 13''	326° 00' 56, 23''
8. 278 37 13, 46	+ 47 23 43, 13	326 00 56, 59
9. 1 27 27, 63	— 35 26 32, 51	326 00 55, 12
10. 1 27 27, 51	— 35 26 32, 51	326 00 55, 00
11. 326 00 55, 65	—	326 00 55, 65

Damit erhält man im Mittel das Azimut von Wendelstein, Brannenburg, F. I. O. nach München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange zu

$$\alpha = 326^{\circ} 00' 55,72'' \pm 0,21''.$$

Berechnung der Längen der Feldstationen

Für München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange, gilt im System der alten (telegraphisch bestimmten) Länge der Sternwarte $\lambda = 11^{\circ} 34' 29,60''$. Mit dem Längenunterschied $\Delta\lambda = -16,065''$ (gerechnet aus Soldner-Koordinaten) ergibt sich für den Referenzpunkt TH, N.O.-Pfeiler) im selben System $\lambda = 11^{\circ} 34' 13,535''$. Mit den oben angegebenen Längendifferenzen (Tab. 2) erhält man schließlich für die Randstationen folgende Längen:

Tabelle 6

Hohenpeißenberg, Wetterwarte B. O.	$\lambda = 11^{\circ} 00' 37,59''$
Schweitenkirchen, F. I. O.	$\lambda = 11 36 30,99$
München, nördl. Frauenturm, alte Helmstange	$\lambda = 11 34 29,60$
Wendelstein, Brannenburg, F. I. O.	$\lambda = 12 00 47,43$

Damit ist die in Tabelle 7 ausgeführte Berechnung der vorläufigen LAPLACESchen Widersprüche $w = (\alpha - A) - (\lambda - L) \sin \varphi$ möglich. Die entsprechenden geodätischen Werte für Azimut A , Länge L und Breite B sind einer Publikation des Bayerischen Landesvermessungsamtes entnommen.¹

Tabelle 7

	München	Hohenpeißenberg	Wendelstein	Schweitenkirchen
Astron. Länge λ	11° 34' 29,60''	11° 00' 37,59''	12° 00' 47,43''	11° 36' 30,99''
Geod. Länge L	27,73	38,17	48,91	31,51
$\lambda - L$	+ 1,87	— 0,58	— 1,48	— 0,52
$\eta = (\lambda - L) \cos \varphi$	+ 1,25	— 0,39	— 0,99	— 0,34
Astron. Breite φ	48 08 19,50	47 48 11,19	47 42 27,09	48 30 20,77
Geod. Breite B	22,53	08,58	15,57	26,66
$\xi = \varphi - B$	— 3,03	+ 2,61	+ 11,52	— 5,89
Astron. Azim. α	3 33 18,33	48 05 57,79	326 00 55,72	—
Geod. Azim. A	16,17	56,83	54,74	—
$\alpha - A$	+ 2,16	+ 0,96	+ 0,98	—
$(\lambda - L) \sin \varphi$	+ 1,39	— 0,43	— 1,09	— 0,39
w	+ 0,77	+ 1,39	+ 2,07	—

¹ Das bayer. Landesvermessungswerk, Heft 6, Teil II a, München 1956.

Die vorläufigen LAPLACESchen Widersprüche betragen durchschnittlich $+1,4''$ und nehmen von West nach Ost zu; letzteres läßt auf eine geringe Deformation des Netzes schließen. In der Tabelle sind weiter noch die Komponenten ξ und η der Lotabweichungen angegeben. Während die Ost-West-Komponenten η sehr klein und offenbar zufälligen Charakters sind, zeigen die Meridiankomponenten ξ systematisches Verhalten. Sie sind im nördlichen Teil (Schweitenkirchen) negativ und werden nach Süden positiv, was – wie schon früher festgestellt – auf eine Aufwölbung des Geoides vor den Alpen schließen läßt.

b) Der repräsentative LAPLACESche Widerspruch im Zentralpunkt München.

Zur Berechnung eines repräsentativen LAPLACESchen Widerspruchs im Zentralpunkt München werden alle in der Hauptpunktgruppe München vorliegenden Azimute auf die Seite München–Schweitenkirchen übertragen. Auch diese Übertragung erfolgt mit Hilfe der vorliegenden Ergebnisse der Triangulation I. O. des Bayerischen Landesvermessungsamtes.

Tabelle 8

Berechnung der Gegenazimute und Überführung auf die Hauptdreiecksseite
München–Schweitenkirchen

für Wendelstein $\rightarrow$ München		für Hohenpeißenberg $\rightarrow$ München	
$\pm (180 + A\alpha)$	$\alpha_{1.2} = \begin{array}{r} 326^{\circ}00'55,72'' \\ -180\ 19\ 33,62 \end{array}$	$\pm (180 + A\alpha)$	$\alpha_{1.2} = \begin{array}{r} 48^{\circ}05'57,79'' \\ -180\ 25\ 07,59 \end{array}$
Übertragungswinkel	$\alpha_{2.1} = \begin{array}{r} 145\ 41\ 22,10 \\ = -142\ 08\ 03,60 \end{array}$	Übertragungswinkel	$\alpha_{2.1} = \begin{array}{r} 228\ 31\ 05,38 \\ = +125\ 02\ 12,13 \end{array}$
$\alpha_{\text{Mü.-Schw.}}$	$= 3^{\circ}33'18,50''$	$\alpha_{\text{Mü.-Schw.}}$	$= 3^{\circ}33'17,51''$

Das einfache arithmetische Mittel aus den direkt gemessenen und den beiden übertragenen Azimuten gibt für das Azimut:

1. München–Schweitenkirchen	$3^{\circ}33'18,33''$	(direkt gemessen)
2. München–Schweitenkirchen	$3\ 33\ 18,50$	(übertragen)
3. München–Schweitenkirchen	$3\ 33\ 17,51$	(übertragen)

$$\text{Mittelwert: } \alpha = 3^{\circ}33'18,12'' \pm 0,24''$$

Mit den bereits oben benutzten Werten für A , λ und L erhält man damit aus der Zusammenfassung aller in der LAPLACEpunkt-Hauptgruppe München gemessenen Azimute und Übertragung auf die Seite München–Schweitenkirchen:

$$\alpha - A = +1,95''$$

$$(\lambda - L) \sin \varphi = +1,39''$$

und den sehr befriedigenden repräsentativen LAPLACESchen Widerspruch

$$w = (\alpha - A) - (\lambda - L) \sin \varphi = +0,56''.$$

ZWEITER TEIL

TRIGONOMETRISCHE HÖHENMESSUNGEN 1956
AM SYLVENSTEIN

ZUR

BESTIMMUNG DES REFRAKTIONS-KOEFFIZIENTEN

1. BEOBACHTUNGSANORDNUNG UND BEOBACHTUNGS- ERGEBNISSE

Aus dem von W. HOFMANN 1950/51 benützten trigonometrischen Netz im Gebiet des Sylvensteinspeichers¹ wurde für die Nachbeobachtungen die Seite Stuhlbachjoch, Nord (1736 m ü. N. N.) nach Staffel (1532 m ü. N. N.) ausgewählt. Diese Punkte sind geodätisch eindeutig festgelegt.

Da für sie auch astronomische Breitenbestimmungen vorliegen und das Azimut ihrer Verbindungslinie ziemlich genau 359° beträgt, kann die Verbesserung der Zenitdistanzen wegen Lotabweichung in einfacher Weise mit den meridionalen Komponenten allein berechnet werden. Beide Punkte mußten neu signalisiert werden. Bei der Visur Stuhlbachjoch nach Staffel hebt sich das Signal gut gegen dunklen Hintergrund (Wald) ab. Bei der Gegenvisur steht das Signal vor hellem Hintergrund (Himmel und bei Beobachtung in den Mittagsstunden Blick gegen die Sonne). Es wurden daher zur Ausschaltung unterschiedlicher Zielauffassungen stark kontrastierende schwarz-weiße Zieltafeln benutzt. Zur Untersuchung und Ausschaltung instrumenteller und persönlicher Einflüsse sind die Beobachtungen unter Einsatz zweier Beobachter² und zweier Instrumente ausgeführt worden. Der ursprüngliche Plan, zwei größere Theodolite (Wild T3 und Kern DKM3) einzusetzen, wurde aus zwei Gründen aufgegeben: Beide Instrumente besitzen nur einen Horizontalfaden, d. h. alle Zenitdistanzmessungen hätten an derselben Kreisstelle ausgeführt werden müssen. Der zweite Grund war der tägliche mehrstündige und beschwerliche Anstieg (alle im Umkreis von 1 bis 2^h liegenden Berghütten waren bereits geschlossen!). Es wurde daher mit zwei neuen Wild T2-Theodoliten gemessen.

Die Beobachtungen sind zeitlich und örtlich wie folgt angeordnet worden:

- Mo. 15. 10. 1956: Signalisierung auf Staffel
- Di. 16. 10. 1956: Signalisierung auf Stuhlbachjoch
Parallelmessung beider Beobachter nach Staffel
- Mi. 17. 10. 1956: Gegenseitige Messungen:
Stuhlbachjoch nach Staffel und Staffel nach Stuhlbachjoch
- Do. 18. 10. 1956: Parallelmessung beider Beobachter nach Stuhlbachjoch
- Fr. 19. 10. 1956: keine Beobachtung mehr (Wetterumschlag, Regen)
Abbau der Signale.

Während der drei Beobachtungstage konnten zunächst in der Zeit zwischen 11^h und 13^h (also etwa während des Refraktionsminimums) von beiden Beobachtern etwa 10 bis 15 Sätze gemessen werden, wobei in jedem Satz in beiden Fernrohrlagen alle drei Fäden eingestellt wurden. Nach jedem 3. Satz sind Luftdruck und Lufttemperatur (Aneroiden, Schleuderthermometer) abgelesen worden.

¹ HOFMANN, W.: Studien zur trigonometrischen Höhenmessung im Gebirge, Abh. der Bayer. Akademie der Wissenschaften, Math.-naturw. Klasse, N. F. Heft 70, 1955, und

KUNY, W.: Der Sylvensteinspeicher und seine Vermessungsaufgaben. Z. f. V. 1951, S. 330–336.

² Die Beobachter Dr. MARZAHN und Dr. SIGL werden im folgenden kurz mit Ma. und Si. bezeichnet.

Die Signalisierung der Zielpunkte erfolgte zentrisch, die Beobachtungen exzentrisch. Die Ergebnisse der Einmessung für die vier Instrumentenstände, die Instrumenten- und Zielhöhen sind der Fig. 1 beige-schrieben:

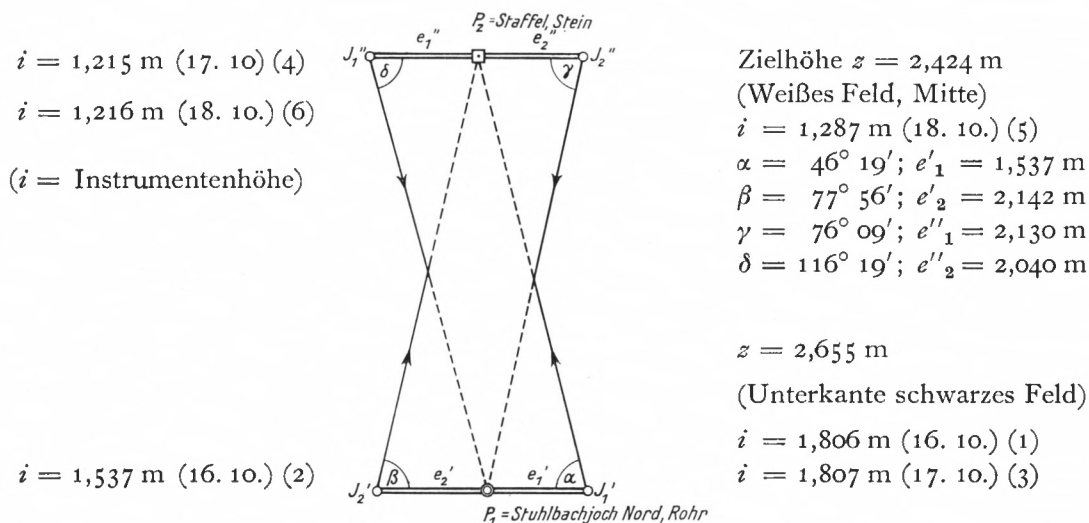


Fig. 1

Alle Höhenangaben beziehen sich auf die geodätischen Festlegungen (Stein bzw. Rohr). Die den Datumsangaben beige-fügten Zahlen (1), (2), (3), ... entsprechen den Nummern der Meßreihen.

Die Wetterlage war durch ein über Mitteleuropa liegendes, langsam nach Osten abziehendes Hochdruckgebiet bestimmt; bis 17. 10. war es nach starken Morgennebeln meist sonnig und klar, leicht windig; starkes Flimmern ließ einen guten Temperatúraustausch in der Atmosphäre vermuten. Noch während der Beobachtungen des 18. 10. stellte sich leichter Nieselregen ein; Regen, vermischt mit Schnee, beendete am Nachmittag die Schönwetterlage.

Die Tabellen 1 und 2 enthalten die gemessenen Zenitdistanzen und ihre mittleren Fehler:

Tabelle 1
Stuhlbachjoch Nord → Staffel

Reihe:	(1)	(2)	(3)
Tag:	16. 10.	16. 10.	17. 10.
Int. Stand:	J'_1	J'_2	J'_1
Beobachter:	Si.	Ma.	Si.
Instrument:	T 2 (BEK)	T 2 (G. I.)	T 2 (BEK)
Satz Nr.	$z = 92^\circ 13'$	$z = 102,46^g$	$z = 92^\circ 13'$
1	03,0''	12 ^{ce}	02,5''
2	02,8	19	05,6
3	01,3	15	04,3
4	02,0	15	03,8
5	02,5	19	04,5
6	04,2	21	04,8
7	01,7	16	05,0
8	02,6	07	04,7

Tabelle 1 (Fortsetzung)

Reihe:	(1)	(2)	(3)
Tag:	16. 10.	16. 10.	17. 10.
Int. Stand:	J'_1	J'_2	J'_1
Beobachter:	Si.	Ma.	Si.
Instrument:	T 2 (BEK)	T 2 (G. I.)	T 2 (BEK)
Satz Nr.	$z = 92^\circ 13'$	$z = 102,46^g$	$z = 92^\circ 13'$
9	04,0	10	05,3
10	03,0	16	05,0
11			05,0
12			02,5
13			01,5
14			03,2
15			04,0
Mittel $\frac{[z]}{n}$	$92^\circ 13' 02,7''$	$102,46 15,0^g$	$92^\circ 13' 04,1''$
$m_1 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	$\pm 0,92''$	$\pm 4,3^{cc} = \pm 1,39''$	$\pm 1,12''$
$\mu = \pm \frac{m}{\sqrt{n}}$	$\pm 0,29''$	$\pm 1,21^{cc} = \pm 0,39''$	$\pm 0,30''$

Tabelle 2

Staffel → Stuhlbachjoch Nord

Reihe:	(4)	(5)	(6)
Tag:	17. 10.	18. 10.	18. 10.
Stand:	J''_1	J''_2	J''_1
Beobachter:	Ma.	Si.	Ma.
Instrument:	T 2 (G. I.)	T 2 (BEK)	T 2 (G. I.)
Satz Nr.	$z = 97,55^g$	$z = 87^\circ 48'$	$z = 97,55^g$
1	54 ^{cc}	03,8''	49 ^{cc}
2	55	04,1	49
3	48	03,2	44
4	60	05,3	54
5	61	05,7	48
6	58	03,7	41
7	54	05,3	48
8	58	05,7	57
9	58	06,7	56
10	54	05,8	52
11	51	05,3	47
12	58	05,8	56
13		05,7	53
14		07,3	52
15		06,5	51
Mittel $\frac{[z]}{n}$	$97,5555,8^g$	$87^\circ 48' 05,13''$	$97,55 50,5^g$
$m_1 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$	$\pm 4,00^{cc} = \pm 1,30''$	$\pm 1,16''$	$\pm 4,6^{cc} = \pm 1,49''$
$\mu = \pm \frac{m}{\sqrt{n}}$	$\pm 1,15^{cc} = \pm 0,37''$	$\pm 0,30''$	$\pm 1,18^{cc} = \pm 0,38''$

Die einzelnen Werte der verschiedenen Reihen zeigen teilweise größere Schwankungen; auf Grund der graphischen Darstellung der Ergebnisse – die relativen Maxima und Minima stimmen bei den Parallelbeobachtungen teilweise gut überein – können kurzperiodische Refraktionsanomalien vermutet werden. Der Vergleich der auf verschiedene Arten gerechneten mittleren Fehler der in einem Satz gemessenen Zenitdistanz scheint dies zu bestätigen: Rechnet man m_1 aus den Abweichungen der Einzelwerte vom jeweiligen Reihemittel, so ergibt sich:

Tabelle 3

Reihe	m_1	μ
(1)	$\pm 0,92''$	$\pm 0,29''$
(2)	1,39	0,39
(3)	1,12	0,38
(4)	1,30	0,37
(5)	1,16	0,30
(6)	1,49	0,38

Weiter sind die m. F. μ der Mittelwerte angeführt; offenbar sind die Ergebnisse beider Beobachter gleich genau. Rechnet man dagegen den mittleren Fehler m_2 aus den Streuungen eines Satzes, d. h. aus den Abweichungen der an den drei Fäden beobachteten Werte vom jeweiligen Satzmittel, so wird

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{6}}.$$

Für jede Reihe ist aus den $[vv]$ der einzelnen Sätze ein Mittelwert $\frac{1}{n} \sum [vv]$ und daraus m_2 abgeleitet worden; dies gibt:

Tabelle 4

Reihe	m_2	Reihe	m_2
(1)	$\pm 1,13''$	(4)	1,04
(2)	1,01	(5)	0,59
(3)	1,11	(6)	1,01

Auch die m_2 stimmen für die einzelnen Reihen gut überein; aus den Durchschnittswerten von m_1 und m_2 läßt sich tatsächlich ein Fehleranteil

$$m_R = \sqrt{m_1^2 - m_2^2} = \pm 0,75'' \text{ berechnen,}$$

der wahrscheinlich nicht vom Beobachter verschuldet, sondern kurzperiodischen, von Satz zu Satz veränderlichen atmosphärischen Verhältnissen zuzuschreiben ist.

2. BERECHNUNG DER HÖHENUNTERSCHIEDE

Die Höhenunterschiede sollen für einen Vergleich mit den früheren Ergebnissen und für eine Genauigkeitsabschätzung benutzt werden. Aus den Mittelwerten der Zenitdistanzen für die 6 Reihen sind die in Tabelle 5 zusammengestellten Höhenwinkel berechnet worden.

Tabelle 5

Tag	Reihe	Beob.	Visur	β
16. 10.	(1)	Si.	St. J. N. → St.	$-2^{\circ} 13' 02,7''$
16. 10.	(2)	Ma.	„	$-2 12 55,3$
17. 10.	(3)	Si.	„	$-2 13 04,1$
17. 10.	(4)	Ma.	St. → St. J. N.	$+2 11 59,8$
18. 10.	(5)	Si.	„	$+2 11 43,7$
18. 10.	(6)	Ma.	„	$+2 12 01,6$

Aus den SOLDNER-Koordinaten der Punkte St. J. N. und Staffel und den örtlichen Messungen ergibt sich für die Entfernungen zwischen den Stand- und Zielpunkten:

$$\begin{aligned} J'_1 P_2 &= 5288,938 \text{ m} & J''_1 P_1 &= 5288,888 \text{ m} \\ J'_2 P_2 &= 5288,878 \text{ m} & J''_2 P_1 &= 5288,722 \text{ m} \end{aligned}$$

Die Höhenunterschiede sind nur unter Berücksichtigung der geometrischen Verhältnisse nach

$$\Delta H' = \left(1 + \frac{H_1}{r}\right) \left[b \cdot \operatorname{tg} \beta_1 + \frac{b^2}{2r} (1 + 2 \operatorname{tg}^2 \beta_1)\right]$$

gerechnet und nach

$$\Delta H = \Delta H' + i - z$$

auf die Festlegungen übertragen worden (Tab. 6); es sind dann noch die Mittelwerte zwischen Hin- und Rückmessung gerechnet.

Tabelle 6

St. J. N. ↔ Staffel	$\overrightarrow{\Delta H}$ Si.	$\overrightarrow{\Delta H}$ Ma.	$\overleftarrow{\Delta H}$ Ma.	$\overleftarrow{\Delta H}$ Si.
16. 10.	$-203,259 \text{ m}$	$-203,336 \text{ m}$		
17. 10.	$-203,294 \text{ m}$		$+203,983 \text{ m}$	
18. 10.			$+204,031 \text{ m}$	$+203,920 \text{ m}$

Die Ergebnisse in Tabelle 6 zeigen sowohl zwischen den Parallelmessungen als auch zwischen den Beobachtungen verschiedener Tage Differenzen, die maximal 11 cm erreichen; ein Teil davon rührt sicher von der unterschiedlichen Zielauffassung beider

Beobachter her. Wahrscheinlich ist aber auch ein Teil instrumentellen Fehlern, insbesondere den Teilkreisfehlern zur Last zu legen. Bei der Rechnung der Refraktionskoeffizienten ist darauf nochmals zurückzukommen.

Mittelt man die Ergebnisse für die Hin- und Rückmessung für die beiden Beobachter, so wird

$$\Delta H_{\text{Si.}} = -203,598 \text{ m}$$

$$\text{oder } \Delta H = -203,635 \text{ m.}$$

$$\Delta H_{\text{Ma.}} = -203,672 \text{ m}$$

Dabei könnte die Mitnahme der Werte vom 18. 10. gefährlich sein (Wetterumschlag!). Die gegenseitig gleichzeitigen Messungen vom 17. 10. geben

$$\Delta H' = -203,638 \text{ m.}$$

Vergleicht man die Mittelwerte ΔH bzw. $\Delta H'$ mit den Einzelergebnissen, so ergibt sich für den aus Hin- und Rückmessung gemittelten Höhenunterschied ein genäherter m. F. von $m \approx \pm 4,5 \text{ cm}$. Dieser Wert entspricht bei einer Zielweite von 5,2 km den bisherigen Erfahrungswerten.

Der Vergleich mit den Ergebnissen W. HOFMANNs aus den Jahren 1950/51 und dem dort angegebenen ausgeglichenen Wert $\Delta H = -204,029 \text{ m}$ ergibt eine Differenz von rd. 0,5 m. Diese Differenz rührt davon her, daß Herr HOFMANN seine Messungen nicht auf die geodätischen Festlegungen, sondern auf die seinerzeitigen Signaltische bezogen hat. Da bei der örtlichen Einmessung der Signale und Instrumente 1956 auch die alten Signaltische von 1950/51 vorgefunden wurden, konnten unsere Messungen auf diese umgerechnet werden.

Dies ergab für alle Höhen in Staffel eine Korrektur von $-0,155 \text{ m}$ und für alle Höhen in Stuhlbachjoch N. eine Korrektur von $-0,530 \text{ m}$. Damit gehen unsere Werte von Tabelle 6 über in die Werte der Tabelle 7.

Tabelle 7

St. J. N. $\nleftrightarrow$ Staffel	$\overrightarrow{\Delta H}$ Si.	$\overrightarrow{\Delta H}$ Ma.	$\overleftarrow{\Delta H}$ Ma.	$\overleftarrow{\Delta H}$ Si.
16. 10.	$-203,634 \text{ m}$	$-203,711 \text{ m}$		
17. 10.	$-203,669 \text{ m}$		$+204,358 \text{ m}$	
18. 10.			$+204,406 \text{ m}$	$+204,295 \text{ m}$

Aus Tabelle 7 ergibt sich der mittlere Höhenunterschied zu

$$\Delta H = -204,012 \text{ m.}$$

Die Resultate der gegenseitig gleichzeitigen Messungen vom 17. 10. ergeben

$$\Delta H' = -204,014 \text{ m.}$$

Damit stimmt die Höhenbestimmung 1956 im ganzen genommen mit dem HOFMANNschen Mittelwert aus den Jahren 1950/51 auf rund 2 cm überein. Da die Signaltische in der Zwischenzeit aber ihre Höhe ohne weiteres um einige Zentimeter geändert haben können und 1950/51 leider nicht auf die dauerhaften Punktvermarkungen bezogen worden sind, ist ein genauer Höhenvergleich nicht möglich und das vorliegende schöne Ergebnis mehr oder weniger zufällig.

3. BERECHNUNG DES REFRAKTIONS-KOEFFIZIENTEN

Obgleich in beiden Standpunkten sorgfältige Luftdruck- und Temperaturmessungen vorliegen, wurde darauf verzichtet, Gradienten und daraus nach einer der bekannten Theorien die in den einzelnen Punkten gültigen Refraktionswinkel zu berechnen. Es wurde vielmehr wie üblich angenommen, daß diese gleich sind (Theorie BOUGUER $\equiv \delta_1 = \delta_2$), d. h. daß der Zielstrahl in beiden Richtungen um gleiche Beträge angehoben wird. Dann läßt sich der Refraktionskoeffizient k aus den gegenseitigen Höhenwinkeln nach dem Ausdruck

$$k = 1 - \frac{r}{b} \left(\frac{\vec{\beta} + \overleftarrow{\beta}}{q''} \right)$$

berechnen, wobei die beobachteten Höhenwinkel noch wegen Lotabweichung¹ zu verbessern und nach

$$d\beta = q'' \cdot \frac{\cos^2 \beta}{b} (i - z) \quad \left\{ \begin{array}{l} i = \text{Instrumentenhöhe} \\ z = \text{Zielhöhe} \end{array} \right.$$

auf parallele Visuren zu reduzieren sind.

Die 1956 gemessenen und so reduzierten Höhenwinkel sind in Tabelle 8 zusammengestellt.

Tabelle 8

St. J. N. $\rightleftharpoons$ Staffel	$\vec{\beta}$ Si.	$\vec{\beta}$ Ma.	$\overleftarrow{\beta}$ Ma.	$\overleftarrow{\beta}$ Si.
16. 10.	$-2^\circ 13' 38,0''$	$-2^\circ 13' 41,0''$		
17. 10.	$-2^\circ 13' 39,4''$		$+2^\circ 11' 13,6''$	
18. 10.			$+2^\circ 11' 15,8''$	$+2^\circ 11' 11,6''$

Interessant ist hier wieder der Vergleich zwischen den Resultaten der beiden Beobachter: Für die Visur Staffel $\rightarrow$ Stuhlbachjoch N. treten Differenzen bis zu $4''$ auf; eine Erklärung ist schwierig, nachdem hierin instrumentelle Fehler (Kreisteilungsfehler), unterschiedliche Zielauffassung und wahrscheinlich auch Änderungen der Refraktion von Tag zu Tag enthalten sein werden. Faßt man die auf jeder Station vorliegenden drei unabhängigen Beobachtungen zusammen, so findet man

$$\begin{aligned} \vec{\beta} &= -2^\circ 13' 39,5'' \pm 0,9'' \\ \overleftarrow{\beta} &= +2^\circ 11' 13,7'' \pm 1,2''. \end{aligned}$$

Die Berechnung der Refraktionskoeffizienten erfolgte ähnlich wie die der Höhenunterschiede

¹ W. HOFMANN gibt hierzu a. a. O. Seite 80 für Staffel: $\xi = +10''$, und für Stuhlbachjoch $\xi' = +11,2''$ (bezogen auf die SOLDNERKugel) an.

- a) getrennt aus den Mittelwerten jedes Beobachters
- b) aus dem Gesamtmittel der beiden Beobachter
- c) aus den gegenseitig gleichzeitigen Messungen vom 17. 10.

Dabei ergab sich:

- a) $(\vec{\beta} + \overleftarrow{\beta}) = 147,1''$ oder $k = 0,141$ Si.
 $\quad \quad \quad = 146,3''$ oder $k = 0,146$ Ma.
- b) $(\vec{\beta} + \overleftarrow{\beta}) = 145,8''$ oder $k = 0,149 \pm 0,009$;
- c) $(\vec{\beta} + \overleftarrow{\beta}) = 145,8''$ oder $k = 0,149$.

Die einzelnen k -Werte stimmen gut überein; für die Dauer der Messungen ist also der dem Refraktionsminimum (alle Beobachtungen entfallen auf die Mittagsstunden) entsprechende Wert des Refraktionskoeffizienten konstant. Überdies ergibt sich k unabhängig von Beobachter und Instrument als nahezu gleich. Damit ist auch die oben vorgenommene Mittelung aller Höhenunterschiede (verschiedene Beobachter, Instrumente, Tage) berechtigt.

Für den unter b) gefundenen Wert von k ist eine Genauigkeitsabschätzung möglich; mit den m. F. $m_{\vec{\beta}}$ und $m_{\overleftarrow{\beta}}$ der beobachteten Größen findet man

$$m_k = \pm \frac{b}{r q'''} \sqrt{m_{\vec{\beta}}^2 + m_{\overleftarrow{\beta}}^2} = \pm 0,009.$$

4. ZUSAMMENFASSUNG

Die Genauigkeit eines aus Hin- und Rückmessung gemittelten Höhenunterschiedes beträgt etwa ± 4 bis 5 cm.

Der Refraktionskoeffizient ergibt sich – nahezu unabhängig von Beobachter, Instrument und Wetterlage – in guter Übereinstimmung mit den bisherigen Erfahrungswerten zu $k = 0,15 \pm 0,01$. Der bisherige Erfahrungswert liegt bei $0,13 \pm 0,03$.

Zu beachten ist, daß sich die für die Verbesserung der Zenitdistanzen benützten meridionalen Lotabweichungen ξ bzw. ξ' auf die SOLDNER-Kugel beziehen, während für r der der Mittelbreite φ_m der Seite entsprechende Meridiankrümmungshalbmesser des BESSELEllipsoids eingeführt wurde. Es läßt sich leicht zeigen, daß sich k aber auch dann kaum ändert, wenn z. B. für r der Radius der SOLDNER-Bildkugel mit $r = 6\,388\,172$ m eingeführt wird.

DRITTER TEIL

SENKUNGSCHEINUNGEN IM KOHLENBERGBAUGEBIET
PEISSENBERG-HOHENPEISSENBERG

(DURCHFÜHRUNG EINES FEINNIVELLEMENTS
AN DER BAHNLINIE PEISSENBERG-PEITING)

1. VORBEMERKUNG

Das Nivellement folgt der Nivellementsline II. Ordnung des Bayerischen Landesvermessungsamtes (Bahnlinie Weilheim-Schongau). Als Ausgangspunkt für die Messung wurde die Höhenmarke im Bahnhof Peißenberg gewählt – Höhenänderungen sind für diesen Punkt nicht zu befürchten –, und als Endpunkt war der etwa 1 km westlich vom Bahnhof Hohenpeißenberg liegende F. P. 744 (vgl. die beiliegende Planskizze, Fig. 1) vorgesehen. Aus später noch anzuführenden Gründen mußte das Nivellement jedoch bis zum F. P. 742 erweitert werden.

Des weiteren sollte anläßlich dieses Nivellements das automatische Nivellier Zeiss Ni. 2 mit Planplattenmikrometer auf Feldverwendbarkeit und erreichbare Genauigkeit untersucht werden.

2. ANORDNUNG DER BEOBACHTUNGEN

Die Anordnung der Beobachtungen entspricht der eines Feinnivellements (sorgfältige Streckeneinteilung mit Meßdraht, Hin- und Rückmessung, Elimination der Lattennullpunktfehler durch gerade Anzahl von Instrumentenständen oder durch Lattenwechsel etc.). Als Instrument diente das Zeiss Ni. 2 Nr. 1187 mit Planplattenmikrometer; vor und nach den Feldbeobachtungen ist die horizontale Lage der Ziellinie überprüft worden. Entsprechend der Keilstricheinteilung der Strichplatte sind zwei 3 m-Invarbandlatten mit Strichteilung (Nestler Nr. 51241 und 51006) benutzt worden. Für die beiden Latten sind die mittleren Lattenmeter bestimmt worden. Die Lattenablesungen wurden nach dem Zeiss-Wildschen Verfahren (Keilstricheinstellung, Benützung beider Lattenteilungen in Vor- und Rückblick, Schätzung auf 0,05 mm) ausgeführt. Die Beobachtungen erfolgten größtenteils bei sonnigem und sehr heißem Wetter und waren meist schon in den frühen Morgenstunden durch starkes Flimmern der Luft erschwert. Infolge schwieriger Geländeverhältnisse (teilweise tief eingeschnittene Bahnlinie) mußten Instrument und Latten auf dem Bahnkörper aufgestellt werden; trotz der dabei durch den starken Güterverkehr eingetretenen häufigen Unterbrechungen ergab sich pro Stand ein durchschnittlicher Zeitbedarf von nur etwa 4 Minuten.

3. BEOBACHTUNGSERGEBNISSE UND IHRE GENAUIGKEIT

Insgesamt liegen für 18 Strecken die jeweils doppelt gemessenen Höhenunterschiede vor; die Ergebnisse für Hin- und Rückmessung $'\Delta h_i'$ bzw. $'\Delta h_i''$, die Mittelwerte $'\Delta h_i$, sowie die für die Fehlerberechnung notwendigen Angaben enthält die nachfolgende Tabelle 1.

Tabelle 1
Höhenunterschiede, Fehlerberechnung

Strecke	Nr.	Hin $\Delta h_i'$ cm	Rück $\Delta h_i''$ cm	Mittelwert Δh_i cm	d_i mm	l_i km	$\sqrt{l_i}$ km ^{1/2}	$\frac{d_i}{\sqrt{l_i}}$ mm	$2\sigma \cdot l_i$ mm	d_i' mm	$d_i' d_i'$ mm ²	$\frac{d_i' \cdot d_i'}{l_i}$ mm ²
742-743	1	+ 55,467	— 55,442	+ 55,454	+ 0,25	0,667	0,815	+ 0,31	+ 0,39	— 0,14	0,02	0,03
743-744	2	— 1449,793	— 1449,925	— 1449,859	+ 1,32	0,600	0,775	+ 1,70	+ 0,35	+ 0,97	0,95	1,58
744-745	3	— 461,238	+ 461,260	— 461,249	+ 0,22	0,600	0,775	+ 0,28	+ 0,35	— 0,13	0,02	0,03
745-746	4	+ 101,587	— 101,536	+ 101,562	+ 0,51	0,600	0,775	+ 0,66	+ 0,35	+ 0,16	0,03	0,05
746-747	5	— 1363,998	+ 1364,156	— 1364,077	+ 1,58	0,710	0,840	+ 1,88	+ 0,41	+ 1,17	1,37	1,93
747-748	6	— 1351,835	+ 1351,806	— 1351,820	— 0,29	0,560	0,748	— 0,39	+ 0,32	— 0,61	0,37	0,66
748-518	7	— 1343,562	+ 1343,644	— 1343,603	+ 0,82	0,605	0,776	+ 1,05	+ 0,35	+ 0,47	0,22	0,36
518-519	8	— 1617,394	+ 1617,537	— 1617,466	+ 1,43	0,630	0,792	+ 1,81	+ 0,37	+ 1,06	1,12	1,78
519-520	9	— 1720,630	+ 1720,689	— 1720,660	+ 0,59	0,690	0,831	+ 0,71	+ 0,40	+ 0,19	0,04	0,06
520-521	10	— 872,452	+ 872,474	— 872,463	+ 0,22	0,368	0,606	+ 0,36	+ 0,21	+ 0,01	0,00	0,00
521-522	11	— 1824,435	+ 1824,388	— 1824,411	— 0,47	0,730	0,855	— 0,55	+ 0,42	— 0,99	0,98	1,34
522-523	12	— 1369,973	+ 1369,962	— 1369,968	— 0,11	0,518	0,720	— 0,15	+ 0,30	— 0,41	0,18	0,35
523-524	13	— 1135,504	+ 1135,480	— 1135,492	— 0,24	0,516	0,718	— 0,33	+ 0,30	— 0,54	0,31	0,60
524-525	14	— 203,752	+ 203,704	— 203,728	— 0,48	0,200	0,447	— 1,07	+ 0,12	— 0,60	0,36	1,80
525-526	15	— 798,809	+ 798,809	— 798,809	+ 0,00	0,200	0,447	0,00	+ 0,12	— 0,12	0,01	0,05
526-527	16	+ 6,448	— 6,377	+ 6,412	+ 0,71	0,264	0,514	+ 1,38	+ 0,15	+ 0,56	0,32	1,20
527-528	17	+ 15,613	— 15,549	+ 15,581	+ 0,64	0,564	0,750	+ 0,86	+ 0,33	+ 0,31	0,10	0,18
528-529	18	— 34,386	+ 34,320	— 34,353	— 0,66	0,165	0,406	— 1,62	+ 0,10	— 0,76	0,62	3,76
				+ 179,609 — 15547,958		9,187	11,814	+ 11,00 — 4,11		+ 4,90 — 4,30		
$n =$	11			— 15368,949		9,187	11,814	+ 6,89		+ 0,60		15,76

Dritter Teil

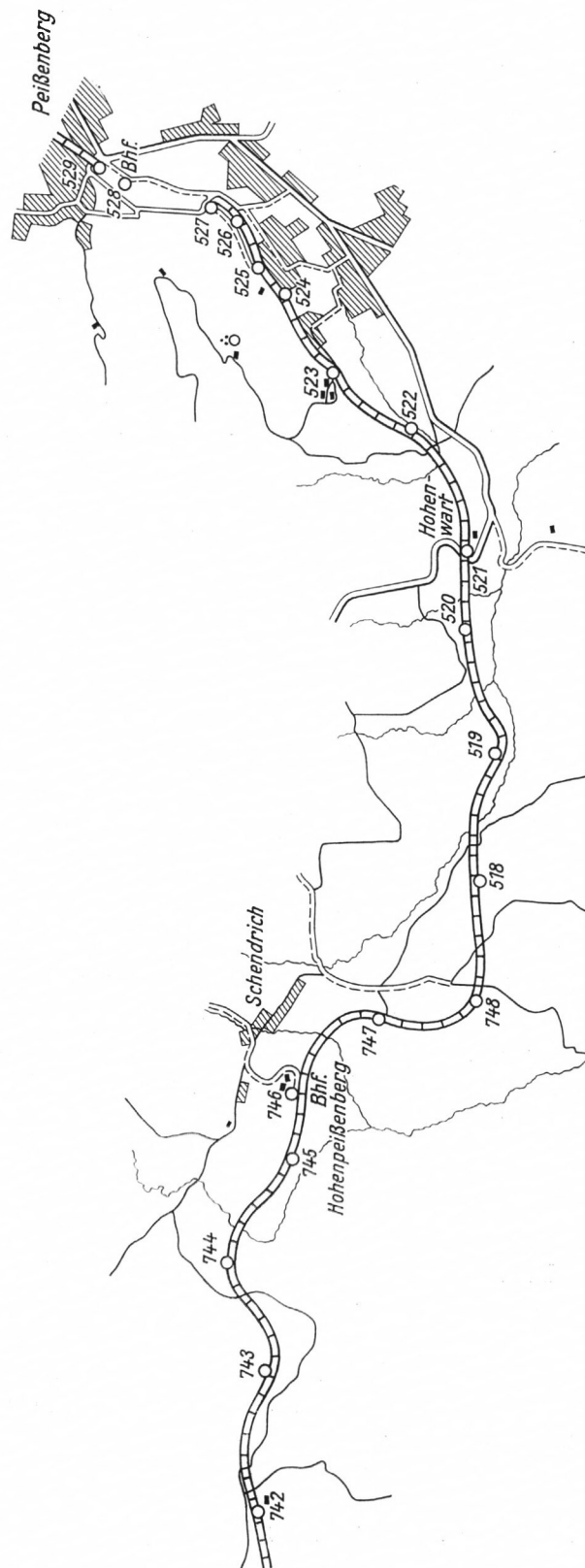


Fig. 1

Die maximale Streckendifferenz d beträgt $+1,58$ mm; mit den Bezeichnungen

$$d_i = \left| \begin{matrix} \Delta h_i' \\ + \end{matrix} \right| - \left| \begin{matrix} \Delta h_i'' \\ - \end{matrix} \right|, \quad l_i = \text{Streckenlänge in km}$$

findet man den der Streckenlänge proportionalen systematischen Fehler zu

$$\sigma = \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{d_i}{\sqrt{l_i}} \right] : [\sqrt{l_i}] \right\} = +0,29 \text{ mm/km}$$

und mit $d_i' = d - 2\sigma \cdot l_i$ die mittleren zufälligen Kilometerfehler zu:

$$\text{Einfaches Nivellement: } m_0 = \sqrt{\frac{1}{2n} \left[\frac{d' d'}{l_i} \right]} = \pm 0,65 \text{ mm}$$

$$\text{Doppelnivellement: } \mu_0 = \frac{m_0}{\sqrt{2}} = \pm 0,47 \text{ mm.}$$

Die unter Verwendung der Standdifferenzen $\delta = \Delta h_i'' - \Delta h_i'$ durchgeführte Fehlerrechnung gibt

$$m_0' = \pm \sqrt{\frac{[\delta \delta]}{2 \cdot l_i}} = \pm 0,36 \text{ mm}$$

$$\mu_0' = \pm \frac{m_0'}{\sqrt{2}} = \pm 0,25 \text{ mm.}$$

Wie in den meisten Fällen ergeben auch hier die Standdifferenzen einen kleineren mittleren Fehler; dies läßt sich dadurch erklären, daß die durch einseitiges Latteneinsinken (insbesondere während der Unterbrechungen durch Bahnverkehr) verursachten Fehler dabei nicht erfaßt werden. Für die Beurteilung der tatsächlich erreichten „äußeren Genauigkeit“ wird man den aus den Streckendifferenzen abgeleiteten Wert benützen; die erreichte Genauigkeit ist für die vorliegende Aufgabe ausreichend und entspricht den Anforderungen eines Feinnivellements.

4. SENKUNGEN ENTLANG DER NIVELLEMENTSLINIE

Die hierzu notwendigen Angaben enthält Tabelle 2. In Spalte 1 sind die zum Vergleich herangezogenen Höhenfestpunkte eingetragen.¹ Spalte 2 enthält die unter Verwendung der alten Höhe von F. P. 529 und der beobachteten Höhenunterschiede gerechneten neuen Höhen für die Festpunkte. Aus dem Vergleich mit den Angaben des amtlichen Höhen-

¹ Die näheren Bezeichnungen dieser Punkte, insbesondere Lageangaben, sind im Anhang zusammengestellt.

Graphische Darstellung der Senkungen dh

Längen $M = 1 : 50\,000$
 $dh \ M = 1 : 10$

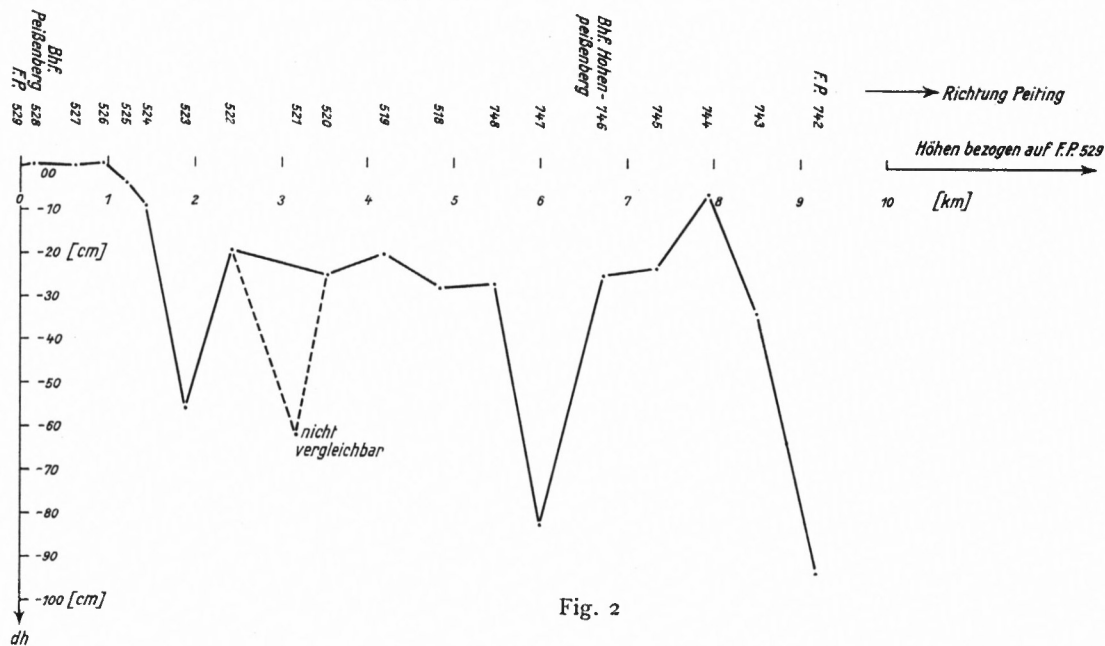


Tabelle 2

Festpunkt Nr.	neue Höhen (von 529 aus) m	alte Höhen (B. LVA) m	dh m	Bemerkungen
1)	2)	3)	4)	5)
529	590,225	590,225	0	
528	590,568	590,566	+0,002	
527	590,413	590,412	+0,001	
526	590,349	590,343	+0,006	
525	598,337	598,373	-0,036	
524	600,374	600,461	-0,087	
523	611,729	612,292	-0,563	
522	625,429	625,620	-0,191	
521	643,673	644,293	-0,620	
520	652,397	652,647	-0,250	
519	669,604	661,803	-0,199	
518	685,779	686,058	-0,279	
748	699,215	699,486	-0,271	
747	712,733	713,556	-0,823	
746	726,374	726,624	-0,250	
745	725,358	725,593	-0,235	
744	729,970	730,031	-0,061	
743	744,469	744,798	-0,329	
742	743,915	744,856	-0,941	

nicht vergleichbar

netzes¹ (Spalte 3) erhält man unmittelbar die Höhenänderungen für die Festpunkte (vgl. Spalte 4 und die graphische Darstellung, Fig. 2). Daraus ist folgendes zu erkennen: Im Bereich des Bahnhofs Peißenberg und der westlich davon gelegenen Zementfabrik sind merkliche Höhenänderungen nicht eingetreten (F. P. 529–526, $dh \leq 0,006$ m). Für den in unmittelbarer Nähe der Förderanlagen liegenden F. P. 525 ergibt sich eine Absenkung von 0,036 m; im weiteren Verlauf nimmt die Absenkung zu und erreicht durchschnittlich 0,20 bis 0,30 m. Die Festpunkte 523, 521 und 747 zeigen gegenüber den alten Höhen Änderungen von $-0,56$ m, $-0,62$ m und $-0,82$ m. Während für die Punkte 523 und 747 diese Beträge als tatsächliche Senkungen angesehen werden müssen – eine Beschädigung oder Veränderung der Festpunkte ist nicht zu erkennen –, ist für F. P. 521 (Straßenüberführung) eine eindeutige Aussage nicht möglich, weil dieser Punkt möglicherweise bei der Zerstörung oder während des Wiederaufbaus der Brücke Veränderungen erfahren haben kann. Im Gebiet des Bahnhofs Hohenpeißenberg (F. P. Nr. 746) beträgt die Absenkung noch 0,25 m und geht in dem ursprünglich als Endpunkt des Nivellements vorgesehenen F. P. 744 auf 0,061 m zurück. Wenn sich damit auch die ursprünglich erwartete unveränderliche Höhenlage von F. P. 744 nicht ganz bestätigt, so liegt dieser Punkt doch in einer verhältnismäßig ruhigen Zone. Daß diese außerordentlich schmal ist, zeigt die Fortsetzung des Nivellements in Richtung Peiting, wobei schon in dem nur 1 km weiter westlich gelegenen F. P. 742 eine Senkung von 0,941 m auftritt.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Auf Grund der vorliegenden Messungsergebnisse ist für das Kohlenbergbaugebiet Peißenberg–Hohenpeißenberg ein eindeutiger Nachweis von Senkungserscheinungen möglich. Dabei ist zu beachten, daß es sich nur um relative Angaben handelt, weil die Höhe des Ausgangspunktes 529 als unverändert beibehalten wurde. Im Durchschnitt erreichte die Absenkung des Gebietes Peißenberg–Hohenpeißenberg in 16 Jahren (letzte Messung 1941) den Betrag von 25 bis 30 cm.

¹ Diese Höhenangaben wurden vom Bayerischen Landesvermessungsamt zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle bestens gedankt wird.

ANHANG

Bezeichnung der Höhenfestpunkte

Pkt. Nr.	Örtliche Lage der Höhenfestpunkte	
529	Bkm 8,778	„Peißenberg“, Dienstwohngebäude, N-Seite, 0,30 m v. d. O. Ecke, r. d. B.
528	Bkm 8,932	„Peißenberg“, Betriebsgeb. Bahnseite zwischen den Eingängen zum Wartesaal, r. d. B.
527	„Peißenberg“,	Zementfabrik, Wohngebäude, S-Seite, 0,70 m v. d. W-Ecke, l. d. B.
526	Bkm 14,890,	Festpunktstein l. d. B.
525	Bkm 14,610	„Peißenberg“, Bergwerk, Kohlenabgabe, S-Seite, Mitte, l. d. B.
524	Bkm 14,420,	Festpunktstein, r. d. B.
523	Bkm 13,940,	Festpunktstein, l. d. B., bei einer Wegüberfahrt.
522	Bkm 13,440,	Festpunktstein, r. d. B., am Ende des Bahneinschnitts
521	Bkm 12,740,	Reichsstraßen-Überführung, s. Wdlg., Mitte, r. d. B.
520	Bkm 12,380,	Bahnbrücke, nö. Wdlg., Geländerbrüstung außen, l. d. B.
519	Bkm 11,710,	Festpunktstein, l. d. B.
518	Bkm 11,100,	Festpunktstein, r. d. B.
748	Bkm 10,500,	Festpunktstein, r. d. B.
747	Bkm 9,950,	Festpunktstein, r. d. B.
746	Bkm 9,290,	Hohenpeißenberg, Dienstwohngebäude, S-Seite, 0,77 m v. W.-Ecke, l. d. B.
745	Bkm 8,990,	Festpunktstein, r. d. B.
744	Bkm 8,400,	Festpunktstein, r. d. B.
743	Bkm 7,800,	Festpunktstein, l. d. B.
742	Bkm 7,133,	Festpunktstein, r. d. B.

Bemerkung: Für die Festpunkte 529 und 528 beginnt die Zählung der Bahnkilometer in Weilheim, für alle übrigen in Schongau.