

# Über einige Prüfungen des geodätischen Höhenmessers Thommen 3B-1

Autor(en): **Gutzwiller, H. / Kägi, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **57 (1959)**

Heft 10

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-215254>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Über einige Prüfungen des geodätischen Höhenmessers Thommen 3B-1

Von H. Gutzwiller, dipl. Ing., und R. Kägi, dipl. Ing.

## 1. Allgemeines

Der von den «Thommen-Uhrenfabriken AG» in Waldenburg herausgebrachte Präzisionshöhenmesser 3B-1 ist bereits von verschiedenen Stellen auf seine Eignung als geodätisches Meßinstrument geprüft worden.

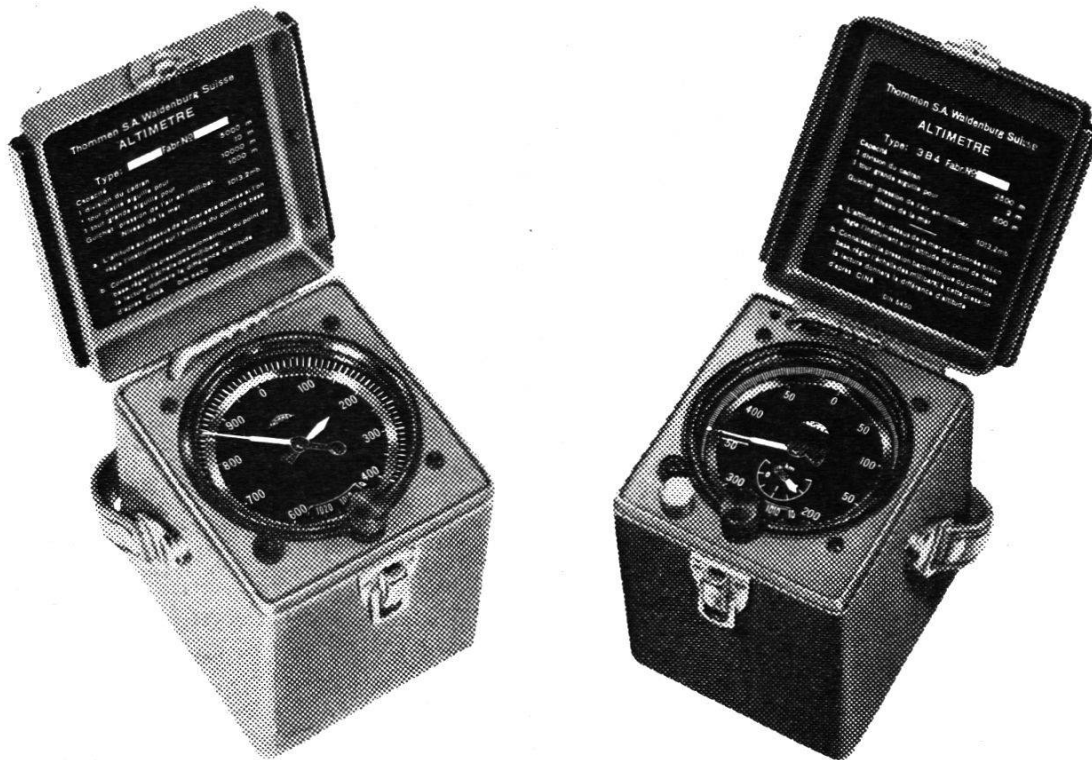
Die von Mitarbeitern des Geodätischen Institutes der Eidgenössischen Technischen Hochschule und von Studierenden unternommenen weiteren Erprobungen hatten namentlich zum Ziel, die zu erwartende Genauigkeit bei *Höhenbestimmungen im Gebirge* festzustellen. Dabei ging es nicht in erster Linie um eine wissenschaftliche systematische Untersuchung; es sollten vielmehr Anhaltspunkte über die Genauigkeit, wie sie sich bei normaler Arbeit im Gebirge ergeben, gewonnen werden. Die Untersuchungsanordnungen mußten daher so gewählt werden, daß sie dem praktischen Vorgehen bei barometrischen Höhenmessungen möglichst genau entsprachen.

Aus diesen Forderungen ergab sich, daß die Beobachtungen auf eine längere Zeit mit verschiedenen Wetterlagen auszudehnen waren und daß nicht nur kleine, sondern auch große Höhendifferenzen sowie kleine und große Horizontalabstände in die Untersuchung eingezogen werden mußten. Außerdem waren die Versuche in verschiedenen Höhenbereichen anzustellen.

Um unter den auftretenden Fehlern die systematischen von den zufälligen trennen zu können, wurden in die Barometerzüge eine große Zahl von nivellierten oder trigonometrisch bestimmten Punkten einbezogen. Die aus diesen Punkten berechneten Höhenunterschiede können gegenüber den auf barometrischem Wege erhaltenen als fehlerlos betrachtet werden.

Der untersuchte *Präzisionshöhenmesser Thommen, vom Typ 3B-1*, Nr. 27128, hat einen Meßbereich von 0 bis 5000 m (Abb. 1). Die Ablesung erfolgt mit Hilfe eines Messerzeigers an einer Spiegelskala. Der Abstand der Teilstriche beträgt 2 mm und entspricht einer Höhendifferenz von 10 m. Dank der Spiegelskala kann der Zehntel oder gar Zwanzigstel des Intervalles parallaxfrei eingeschätzt werden, so daß der mittlere Ablesefehler auf  $\pm 0,5$  bis  $\pm 1,0$  m geschätzt werden kann. Der Zeiger kann mit einem Knopf auf eine beliebige Höhe eingestellt werden.

Der Höhenmesser ist mit einer zweiten Skala versehen, die erlaubt, entweder bei bekannter Höhe des Standpunktes den auf die Höhe Null reduzierten Luftdruck oder aber den absoluten Luftdruck am Standort zu bestimmen, so daß das Instrument auch als Standbarometer verwendet werden kann. Der Höhenmesser ist temperaturkompensiert und auf eine Normalatmosphäre nach den Normen des CINA (Comité international de navigation aérienne) geeicht. Weicht die Mitteltemperatur



Typ 3 B 1 (Meßbereich -500 bis +5000 m) Typ 3 B 4 Meßbereich -500 bis +2500 m

Abb. 1. Präzisionsbodenhöhenmesser

um  $\Delta T$  Zentigrade von der Temperatur der Normalatmosphäre ab, so ist die in Metern abgelesene Höhendifferenz  $\Delta H$  um den Betrag

$$\delta\Delta H = 3,67\text{‰} \Delta H \Delta T \text{ (m)}$$

zu korrigieren.

Die mit dem Höhenmesser Thommen durchgeführten Untersuchungen umfassen einige vorbereitende Messungen und eine größere Untersuchung im Gebirge.

## 2. Vorbereitende Untersuchungen

### 2. 1. Verwendung des Höhenmessers Thommen als Standbarometer

Um die Eignung des Höhenmessers Thommen als Standbarometer zu prüfen, wurden die Ablesungen des reduzierten Druckes am Thommen-Aneroid mit gleichzeitigen reduzierten und auf Millibar umgerechneten Ablesungen eines Fuess-Quecksilberbarometers verglichen. Betrachtet man die Werte des Quecksilberbarometers als fehlerlos, so ergibt sich aus 59 Messungen ein mittlerer Fehler einer Ablesung am Thommen-Höhenmesser von  $\pm 0,10$  mb, was auf 452 m Meereshöhe einem mittleren Höhenfehler von 0,91 m entspricht. Dieser Wert ist ungefähr gleich der Ablesegenauigkeit. Man darf daher annehmen, daß der Höhenmesser Thommen den *barometrischen Druckschwankungen* gut folgt.

In Abb. 2 ist die Kurve der Fehlerverteilung aufgetragen. Sie paßt sich gut der Gaußschen Glockenkurve für zufällige Fehler an, liegen doch

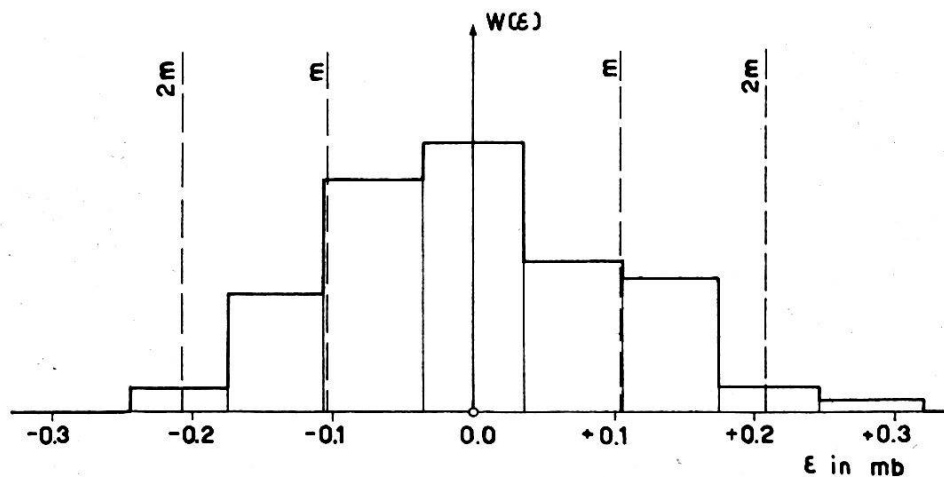


Abb. 2

von den 59 einzelnen Fehlern 66,2% innerhalb des einfachen (theoretisch 68,3%), 98,4% (95,5%) innerhalb des doppelten und 100% (99,7%) innerhalb des dreifachen mittleren Fehlers.

Die Beobachtungen wurden zudem nach den Vorzeichenkriterien und nach dem Abbeschen Kriterium untersucht. Alle auftretenden Fehler lassen sich als zufällige erklären, und es ist weder ein Schleppen des Instrumentes noch ein Abgleiten der Einstellung zu erkennen.

Dürfte man bei Messungen im Gelände nur mit zufälligen Instrumenten- und Beobachtungsfehlern rechnen, so würde man eine einmal gemessene Höhendifferenz mit einem mittleren Fehler von  $0,91 \cdot \sqrt{2} = \pm 1,3$  m erhalten. Dieser Wert entspricht der reinen Instrumentengenauigkeit. Im praktischen Gebrauch wird man infolge Unregelmäßigkeiten der barometrischen Niveaulächen fast immer größere mittlere Fehler erhalten.

### 2. 2. Untersuchung des Barometers auf einer Prüfstrecke

Der Höhenunterschied einer kleinen Prüfstrecke (Sollwert 27,7 m, Horizontalabstand etwa 50 m) wurde 15mal gemessen. Bildet man das Mittel aller Beobachtungen, so ergibt sich ein mittlerer Fehler an einer einmal gemessenen Höhendifferenz von  $\pm 1,02$  m, am Mittel ein solcher von  $\pm 0,26$  m. Dieses Mittel weicht um 15 cm vom wahren Wert ab. Auch bei diesem Versuch zeigen sich keine systematischen Fehler. Der Höhenmesser darf daher als trägheitsfrei angesprochen werden. Bei kleinen Höhendifferenzen, die in kurzer Zeit gemessen werden können, wird somit die theoretisch mögliche Genauigkeit erreicht.

### 2. 3. Untersuchung des Barometers auf mehreren kurzen Strecken

Es wurden die Höhendifferenzen zwischen den Masten der Luftseilbahn Braunwald–Gumen bestimmt. Die gesamte Höhendifferenz beträgt rund 450 m und wird in 14 Minuten überwunden. Der Höhenunterschied zwischen den einzelnen Masten beträgt durchschnittlich etwa 25 m. Die Ergebnisse sind in *Tabelle 1* zusammengestellt.

Tabelle 1

Mast	Bergfahrt		Talfahrt		d Bergf. - Talf. m	dd
	Ablesung m	Höhendiff. m	Ablesung m	Höhendiff. m		
5	1373		1397			
		+25		+24	+1	1
6	1398		1421			
		+11		+10	+1	1
7	1409		1431			
		+ 7		+ 9	-2	4
8	1416		1440			
		+11		+12	-1	1
9	1427		1452			
		+39		+39	0	0
10	1466		1491			
		+12		+12	0	0
11	1478		1503			
		+24		+27	-3	9
12	1502		1530			
		+43		+42	+1	1
13	1545		1572			
		+47		+48	-1	1
14	1592		1620			
		+18		+20	-2	4
15	1610		1640			
		+24		+23	+1	1
16	1634		1663			
		+19		+17	+2	4
17	1653		1680			
		+34		+32	+2	4
18	1687		1712			
		+ 5		+ 5	0	0
19	1692		1717			
		+51		+51	0	0
20	1743		1768			
		+54		+56	-2	4
21	1797		1824			
		+41		+39	+2	4
22	1838		1863			
					-1	39
					[d]	[dd]

Die gemessenen Höhenunterschiede können nicht mit Höhenunterschieden, welche auf anderem als auf barometrischem Wege gemessen wurden, verglichen werden. Die Untersuchung gibt daher nur Anhaltspunkte über die innere Genauigkeit.

Der mittlere Fehler einer einmal gemessenen Höhendifferenz wird  $\pm 1,07$  m, derjenige des Mittels aus Hin- und Rückmessung  $\pm 0,75$  m. Auch bei diesem Versuch wurde die theoretisch mögliche Genauigkeit erreicht. Die außerordentlich kleinen mittleren Fehler sind wohl darauf zurückzuführen, daß sich infolge der kurz aufeinanderfolgenden Messungen atmosphärische Einflüsse nicht bemerkbar machen konnten.

#### 2. 4. *Barometermessungen im Eisenbahnzug*

Ein erster Versuch erfolgte auf der Strecke Zürich–Ziegelbrücke–Linthal. Der Höhenmesser wurde sowohl während der Hin- als auch während der Rückfahrt auf 21 Stationen beim Anhalten des Zuges abgelesen. Diese Höhenablesungen wurden mit den nivellierten Schwellenhöhen verglichen. Es ging hier darum, relativ kleine Höhendifferenzen bei großen Horizontaldistanzen zu messen. Die gesamte Strecke mißt rund 80 km, der Höhenunterschied beträgt etwa 250 m. Der Versuch ergab für eine Höhendifferenz zwischen zwei benachbarten Stationen einen mittleren Fehler von  $\pm 1,8$  m, für eine Höhendifferenz zwischen zwei beliebigen Stationen einen solchen von  $\pm 1,9$  m.

Ein weiterer Versuch wurde auf der Strecke Landquart–Davos durchgeführt [Abb. 4 c]. Hier beträgt die Horizontaldistanz 42 km und die Höhendifferenz 1100 m. Der mittlere Fehler am Mittel aus Hin- und Rückmessung für einen beliebigen der 17 Höhenunterschiede wird  $\pm 1,32$  m. Aus dem Vergleich von Mittelwert und Sollwert ergibt sich als mittlerer Fehler an einer Höhendifferenz ein Betrag von  $\pm 2,40$  m.

Beide Versuche zeigen, daß auch bei großen Distanzen mittlere Fehler von rund  $\pm 2$  m erreicht werden, wenn die Messungen in rascher Folge durchgeführt werden können.

#### 2. 5. *Messungen von Höhenunterschieden im Gelände*

Eine Anzahl in hügeligem Gelände verteilte Triangulationspunkte wurden in einer Schleife mit dem Höhenmesser abgegangen. Die durchschnittliche Marschzeit zwischen zwei Signalen betrug etwa 20 Minuten. Die Messung erfolgte während einer sehr stabilen herbstlichen Schönwetterlage, so daß sich eine Berücksichtigung des allgemeinen Barometerganges erübrigte. Die Resultate wurden sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der Temperaturmessungen ausgewertet und sind in *Tabelle 2* zusammengefaßt.

Der mittlere Fehler einer einmal gemessenen Höhendifferenz, berechnet aus den rohen, unkorrigierten Ablesungen, wird  $\pm 1,40$  m, derjenige für eine einmal gemessene Höhendifferenz nach Einführung der Temperaturkorrektur  $\pm 1,35$  m. Die Verbesserung durch Einführung der Temperaturkorrektur ist also gering, da die gemessenen Höhenunterschiede nicht groß sind und zeitlich nicht weit auseinanderliegen.

### 3. Ausgedehntere Untersuchungen

#### 3. 1. Anordnung der Untersuchungen

Durch umfassendere Untersuchungen sollten die Genauigkeiten bei großen Höhendifferenzen, großen Horizontaldistanzen und großen Zeitintervallen zwischen den Messungen und somit starken Änderungen in den atmosphärischen Verhältnissen ermittelt werden. Die Beobachtungen wurden nach dem *Stepverfahren* angeordnet. Es besteht darin, daß die Punkte durch abwechslungsweise Vor- und Rückwärtsgehen in der Reihenfolge 1-2-3-2, 2-3-4-3 usw. aufgesucht werden. Damit erhält man eine dreimalige Bestimmung jeder Höhendifferenz.

Ausschlaggebend für die Genauigkeit barometrisch bestimmter Höhendifferenzen ist die Berücksichtigung von Barometergang und

Tabelle 2

Stat.	$\Delta H_{\text{Soll}}$ m	Unkorrigiert		Mitteltemp. °C	Mitteltemp. CINA °C	$\delta \Delta H$ m	Korrigiert	
		$\Delta H_{\text{Abl.}}$ m	$\epsilon_1$ m				$\Delta H_{\text{Abl.}}$ m	$\epsilon_2$ m
360	+ 26.6	+ 28	-1.4	19.65	12.55	+0.7	+ 28.7	-2.1
361	+ 33.8	+ 34	-0.2	18.25	12.35	+0.7	+ 34.7	-0.9
343	+ 9.7	+ 9	+0.7	18.1	12.15	+0.2	+ 9.2	+0.5
351	+ 43.4	+ 41	+2.4	16.3	12.00	+0.6	+ 41.6	+1.8
350	+ 0.5	+ 2	-1.5	13.3	11.90	+0.0	+ 2.0	-1.5
365	+ 66.0	+ 65	+1.0	13.4	11.65	+0.4	+ 65.4	+0.6
364	+ 2.5	+ 3	-0.5	13.2	11.40	+0.0	+ 3.0	-0.5
384	- 59.7	- 59	-0.7	13.5	11.60	-0.4	- 59.4	-0.3
Th.	- 24.5	- 22	-2.5	13.5	11.85	-0.1	- 22.1	-2.4
382	- 13.3	- 14	+0.7	13.3	12.00	-0.1	- 14.1	+0.8
367	-104.4	-106	+1.6	11.85	12.40	+0.2	-105.8	+1.4
368								
		$[\epsilon_1 \epsilon_1]$	21.5				$[\epsilon_2 \epsilon_2]$	20.0

Temperatur. Um den *Barometergang* berücksichtigen zu können, sind Messungen mit Standbarometern notwendig. Im Gebirge wird es kaum möglich sein, so viele Standbarometer aufzustellen und abzulesen, wie dies wünschbar wäre, um die Änderung der barometrischen Niveauflächen wenn auch nicht genau, so doch einigermaßen zu erfassen. In der Schweiz besitzt die Meteorologische Zentralanstalt ein Netz von Wetterstationen mit einer Dichte von 20 bis 30 km. Es war naheliegend, sich bei den vorliegenden Untersuchungen auf die dauernd in Betrieb stehenden Standbarometer zu stützen. Die Ablesegenauigkeit von  $\frac{1}{10}$  mm Hg dieser Quecksilberbarometer entspricht etwa derjenigen des Höhenmessers. Die Barometer werden dreimal täglich abgelesen. Eine ständige Registrierung besteht nicht, so daß Barometerstände zu beliebigen Zeiten und an beliebigen Orten im Untersuchungsgebiet durch lineare Interpolation gewonnen werden mußten. Besondere Schwierigkeiten traten dann auf, wenn die zwei Standbarometer, zwischen welche Punkte eingeschaltet werden sollten, entgegengesetzten Gang aufwiesen. Abb. 3 zeigt Beispiele für den Verlauf der Barometerstände.

Daß die Berücksichtigung des allgemeinen Verlaufs der Standbarometer Korrekturen von mehreren Metern zur Folge haben kann, ergibt sich aus der Tatsache, daß einer Änderung des Barometerstandes von

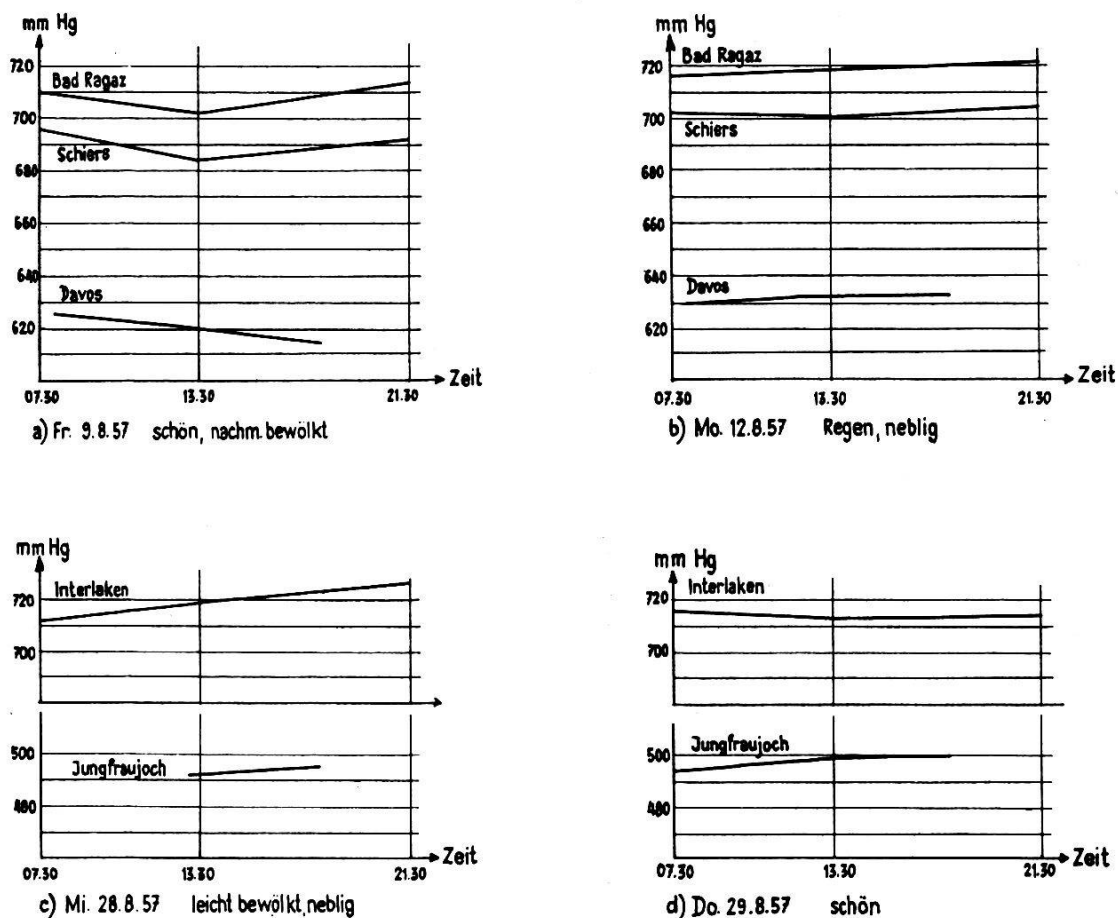


Abb. 3. Beispiele der Gänge benachbarter Standbarometer.  
Das Interpolieren für beliebigen Zeitpunkt und beliebigen Ort ist unsicher



1 mm Hg in 1000 m Meereshöhe einer Höhendifferenz von 12,35 m entspricht. Im Flachland erreicht man durch weitergehende Interpolationsrechnungen, die sich auf ein größeres Netz von ständigen Barometerstationen stützen, Verbesserungen in den barometrischen Höhen. Derartige umfangreiche Berechnungen, wie sie von den Meteorologen für andere Zwecke durchgeführt werden, werden im Hochgebirge kaum Erfolg bringen. – Die Unsicherheit der barometrischen Niveaulächen bildet die Ursache, daß barometrisch bestimmte Höhen nicht so gut stimmen, als man auf Grund der Genauigkeit der Barometer schließen könnte. Es ist daher auch fraglich, ob sich die Verwendung sehr genauer Barometer, bei denen die Dezimeter geschätzt werden können, im Gebirge lohnt, weil die Unsicherheit der Methode diesen Betrag um ein Mehrfaches übersteigt.

Etwas einfacher, aber genau so wichtig ist die Berücksichtigung der *Temperatur*. Die Korrektur an einer gemessenen Höhendifferenz infolge einer Abweichung von der Normaltemperatur wird nach der bereits angegebenen Formel berechnet. Diese Korrektur wächst proportional zur Höhendifferenz und wirkt sich deshalb um so entscheidender auf die Genauigkeit aus, je größer die Höhendifferenz ist.

Auf jeder Station wurde die Temperatur mit einem gewöhnlichen Schleuderthermometer gemessen. – Auf eine Berücksichtigung des Dampfdruckes wurde verzichtet, da dieser Einfluß im Vergleich zu demjenigen des Barometerganges und der Temperatur unbedeutend ist.

Neben den Genauigkeitsuntersuchungen des Höhenmessers sollten die Versuche außerdem zeigen, ob zwischen den zu befürchtenden Fehlern und der Größe von Höhendifferenz und Horizontalabstand, beziehungsweise der Zeitdauer von Messung zu Messung eine Abhängigkeit bestehe.

### 3.2. Ergebnisse

Ein längerer barometrischer Höhenzug wurde im *Prätigau* beobachtet. Er erstreckte sich von Bad Ragaz (502,2 m) über Schiers (653,8 m), Davos-Dorf (1566,0 m), Weißfluhjoch (2686,5 m) nach dem Weißfluhgipfel (2843,5 m). Das Höhenpolygon umfaßte 20 Stationen (Abb. 4a) mit einer Gesamthöhendifferenz von 2341 m. An den vier erstgenannten Orten befinden sich Standbarometer. Die Messungen erstreckten sich über mehrere Tage, so daß es möglich war, den Höhenmesser unter den verschiedensten Wetterbedingungen zu prüfen.

Die um den Einfluß von Barometergang und Temperatur korrigierten Messungen ergaben folgende *Resultate*

1. Der mittlere Fehler einer einmal gemessenen Höhendifferenz, berechnet aus den Mitteln, beträgt  $\pm 2,6$  m. Daraus folgt als mittlerer Fehler am Mittel aus 3 Messungen der Wert  $\pm 1,5$  m.
2. Aus den Differenzen zwischen den Einzelwerten und den Sollwerten der Höhendifferenzen ergibt sich ein mittlerer Fehler von  $\pm 4,2$  m. Daraus müßte sich für das Mittel aus 3 Messungen ein mittlerer Fehler von  $\pm 2,4$  m ergeben.

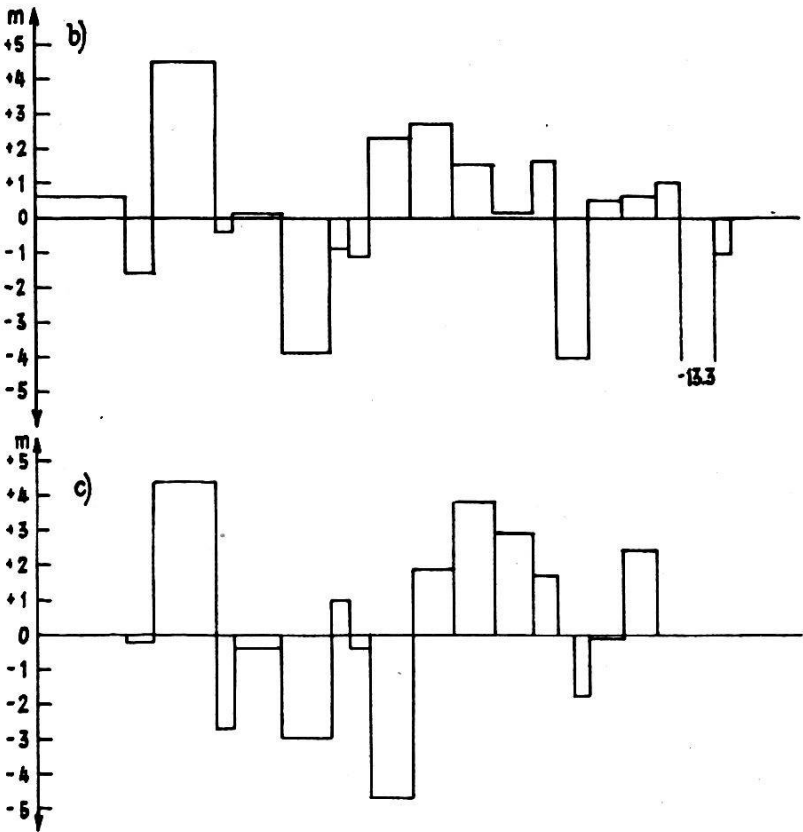
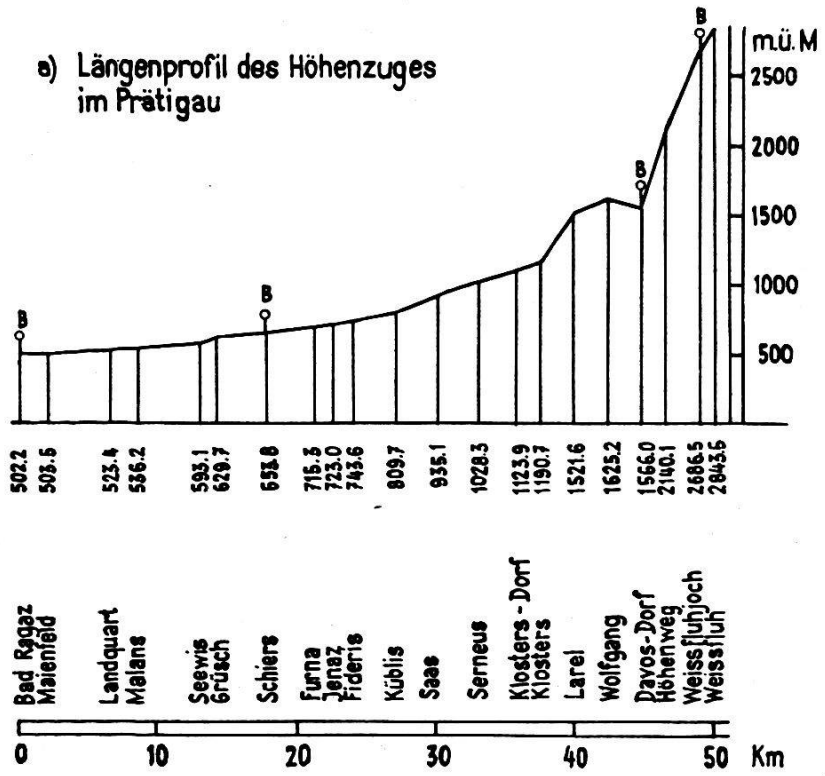


Abb. 4

Höhenpolygon zwischen Bad Ragaz und Weißfluh (4 a),  
 Vergleich der Mittel aus den drei Bestimmungen mit den Sollwerten  
 beim Step-Verfahren (4 b)  
 Vergleich der Mittel mit den Sollwerten bei der Messung  
 im Eisenbahnzug (4 c)

3. Vergleicht man dagegen die tatsächlichen Mittel aus 3 Messungen mit den Sollwerten, so entsteht ein mittlerer Fehler von  $\pm 3,65$  m.

Die Differenzen zwischen den Mitteln und den Sollwerten sind in Abb. 4b eingetragen.

Hier fällt eine einzige Messung, nämlich diejenige vom Höhenweg nach dem Weißfluhjoch, mit 13,3 m aus dem Rahmen. Die Ursache mag darin liegen, daß es sich um die steilste Strecke in einem Berghang handelt. Es ist eine bekannte Tatsache, daß der Verlauf der barometrischen Niveaulächen längs Talhängen meist nicht normal ist, im Gegensatz zu Gipfeln und offenen Talebenen. Läßt man daher diese Strecke für die Beurteilung weg, so ergeben sich folgende, wesentlich günstigere Resultate

1. Der mittlere Fehler einer Höhendifferenz, berechnet aus den Differenzen zwischen den einzelnen Beobachtungen und den Sollwerten, wird  $\pm 2,9$  m (statt 4,2 m).
2. Der mittlere Fehler an einer als Mittel aus 3 Bestimmungen berechneten Höhendifferenz erhält aus dem Vergleich mit den Sollwerten den Wert von  $\pm 2,1$  m (statt 3,6 m) und steht in Übereinstimmung mit dem mittleren Fehler aus einer Höhendifferenz.

Im Zusammenhang mit den Messungen im Prätigau zwischen Bad Ragaz und Weißfluh stehen die Beobachtungen im *Jungfraugebiet* auf der Strecke Kleine Scheidegg (2061,0 m)–Jungfraujoche–Sphinx (3571,4 m) mit Standbarometern in Interlaken und auf der Sphinx. Die Höhendifferenz von 1510,4 m wurde 6mal gemessen, und zwar in einem Sprung ohne Zwischenpunkte, wobei für eine Messung etwa  $1\frac{1}{2}$  Stunden benötigt wurden. Der mittlere Fehler einer einmal gemessenen Höhendifferenz, berechnet aus dem arithmetischen Mittel der korrigierten Ablesung, wird  $\pm 3,25$  m. Das arithmetische Mittel weicht um  $-7,9$  m vom Sollwert ab. Unter den 6 Bestimmungen fällt eine mit 14,2 m Fehler aus dem Rahmen. Läßt man sie für die Beurteilung der Genauigkeit weg, was bei den damaligen außergewöhnlichen klimatischen Verhältnissen als erlaubt anzusehen ist, so ergibt sich als mittlerer Fehler einer Höhendifferenz ein Wert von  $\pm 1,05$  m, und es weicht der Mittelwert nur 6,6 m vom Sollwert ab.

Bei dieser Strecke von der Kleinen Scheidegg zum Jungfraujoche, die in außergewöhnlicher Höhe liegt, wird demnach ein ähnlicher mittlerer Fehler erreicht wie auf der Strecke von Bad Ragaz bis zum Höhenweg beim Weißfluhjoch. Doch zeigt sich bei dieser Strecke eine Abweichung zwischen dem Mittelwert der Beobachtungen und dem Sollwert, die sich mit dem mittleren Fehler nicht erklären läßt. Man wird annehmen müssen, daß in diesem Teil des Hochgebirges die barometrischen Niveaulächen anormal liegen.

Im Gegensatz zu diesem Stück zeigen sich im *Prätigau* nirgends derartige systematische Verfälschungen. Zunächst ergibt sich für die ganze Höhendifferenz von Bad Ragaz bis zum Höhenweg, berechnet aus der Summe der einzelnen gemittelten Höhendifferenzen, gegenüber dem

wahren Wert ein Widerspruch von  $-2,3$  m. Die Verteilung dieses Widerspruchs proportional zur Distanz beziehungsweise zur Höhendifferenz beziehungsweise zur Zeit wirkt sich, wie zu erwarten, auf den mittleren Fehler praktisch nicht aus; er bleibt  $\pm 2,1$  m.

Sodann zeigen die Darstellungen der Abb. 4 eine ziemlich zufällige Verteilung von positiven und negativen Fehlern. Auch die Untersuchung der Fehler nach der relativen Summenhäufigkeit auf Grund der Gaußschen Glockenkurve ergibt keine Anhaltspunkte für systematische Fehler (Abb. 5).

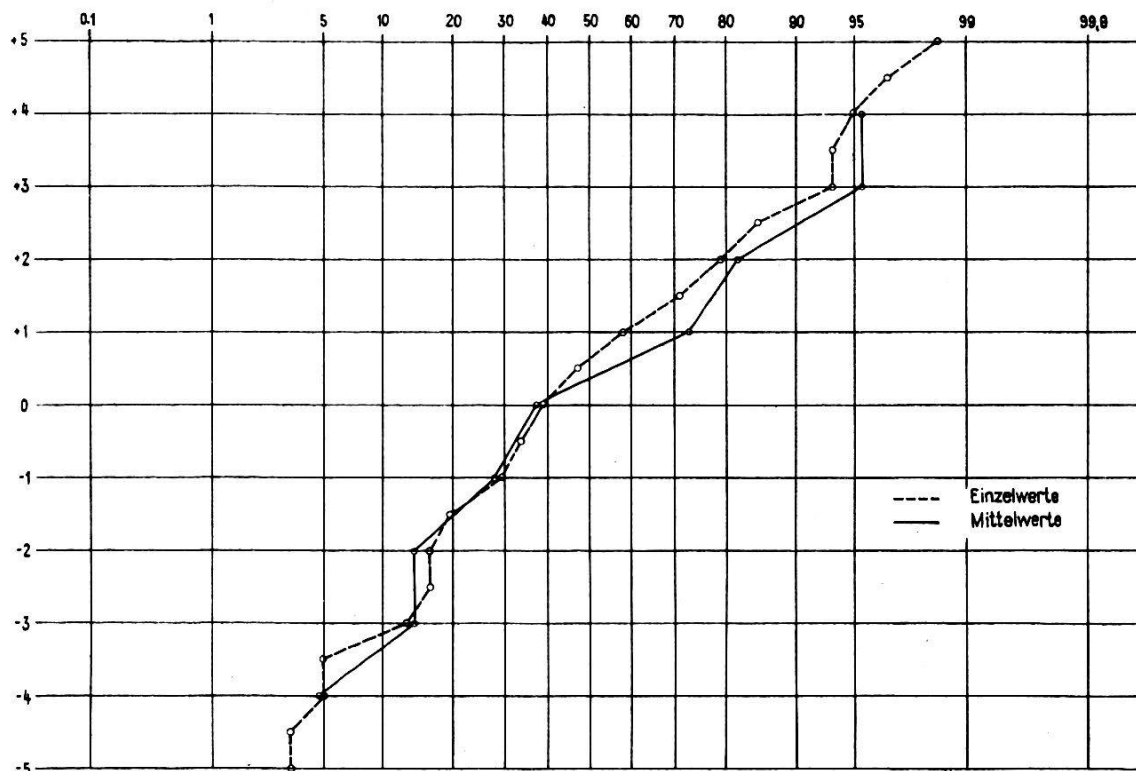


Abb. 5. Summenhäufigkeitskurve der Fehler an den barometrisch bestimmten Höhendifferenzen im Prätigau.

Der Verlauf der Kurve ist als zufällig zu betrachten

Im weitem wurde die *Abhängigkeit der Fehler aller Messungen als Funktion der Höhendifferenz, als Funktion der Zeit und als Funktion der Horizontalabstand untersucht*. Es zeigte sich, daß der mittlere Fehler einer Höhendifferenz nicht von dieser abhängt. Große Höhendifferenzen können also mit dem Thommen-Höhenmesser mit der gleichen Genauigkeit gemessen werden wie kleine Höhendifferenzen. Dagegen zeigt sich, daß die mittleren Fehler der Höhendifferenzen mit zunehmender Entfernung oder mit zunehmendem Zeitintervall zwischen den Beobachtungen leicht anwachsen. Horizontale Distanz und Zeitintervall stehen aber in engem innerem Zusammenhang; im allgemeinen wird zwischen ihnen Proportionalität bestehen. Erneut zeigt sich, daß die Genauigkeit der barometrischen Höhenmessung nicht in erster Linie von der inneren Genauigkeit des Höhenmessers abhängt; vielmehr sind ihr durch die atmo-

sphärischen Verhältnisse Grenzen gesetzt. Diese Tatsachen sind seit langem bekannt; sie werden auch bei den Thommen-Höhenmessern bestätigt.

#### *4. Zusammenfassung*

1. Der Präzisionshöhenmesser Thommen 3B-1 gibt einen mittleren Ablesefehler von  $\pm 0,10$  mb, was einer Höhendifferenz von  $\pm 0,91$  m entspricht. Er weist keine systematischen Fehler auf und behält seinen Zustand auch bei längerem Gebrauch am gleichen Ort.

2. In kurzer Zeit gemessene kleine Höhendifferenzen (bis etwa 50 m) können ohne Berücksichtigung von Barometergang und Temperatur bestimmt werden. Der mittlere Fehler einer solchen Höhendifferenz liegt in der Regel unter  $\pm 2$  m, unter günstigen Verhältnissen bei  $\pm 1,3$  m. Systematische Verfälschungen sind im offenen Gebiet, in Talböden und zwischen Gipfeln kaum zu befürchten. Anders steht es in Hängen, wo die barometrisch bestimmten Höhendifferenzen um 5 bis 10 m, gelegentlich um noch höhere Beträge von den Sollwerten abweichen können.

3. Bei größeren Höhendifferenzen (über 50 m) muß die Temperatur, bei lang andauernden Messungen die Veränderung des relativen Luftdrucks berücksichtigt werden. Unter diesen Voraussetzungen kann mit einem mittleren Fehler an einer einmal gemessenen Höhendifferenz von  $\pm 2$  bis 3 m gerechnet werden. Die tiefere Zahl gilt für barometrisch bestimmte Höhendifferenzen im offenen Gebiet, in Talböden und zwischen Gipfeln. Die höhere Zahl ist für Talhänge anzusetzen.

4. Die Untersuchungen haben wiederum gezeigt, daß die Schwierigkeit bei der barometrischen Höhenmessung nicht in der Genauigkeit des Höhenmessers liegt, sondern in der Unsicherheit der atmosphärischen Verhältnisse.

## **Praktische Anwendungen des Koinzidenztelemeters «Wild TM 10»**

*Von Arturo Pastorelli, dipl. Ing. ETH*

### *Allgemeine Bemerkungen*

Als wir Prospekte und technische Angaben über das Instrument zu lesen bekamen, waren wir überzeugt, daß ein längst erwünschtes und nützliches Hilfsgerät für unsere tägliche Arbeit zur Verfügung stehe.

Die praktischen Resultate bestätigten aufs schönste unsere Erwartungen. Wir halten dafür, daß die folgenden Angaben die Vermessungsfachleute interessieren dürften, welche noch keine Gelegenheit gehabt haben, das Instrument zu verwenden.

Man hat das Telemeter meist in Verbindung mit militärischen Aufgaben gesehen; es dürfte somit interessieren, zu erfahren, daß die neue Konstruktion sich vorzüglich für zivile Zwecke eignet.