

In einem Gelände mit geringen Höhenunterschieden versagt das stereophotogrammetrische Auswertungsverfahren bei der Bestimmung der N. N. -Höhen einzelner Punkte und insbesondere bei der Aufsuchung von Höhenschichtlinien. Die photogrammetrische Aufnahme eines Gebietes mit geringen Höhenunterschieden führt man deshalb in der Weise aus, daß man vom Luftfahrzeug aus Bilder mit nahezu horizontaler Bildebene aufnimmt, diese Bilder mit einem Einbildinstrument in Bilder mit genau horizontaler Bildebene umformt, und die so sich ergebende Grundrißaufnahme durch Höhenmessungen mit dem Tachymetertheodolit oder dem Barometer ergänzt. Für die Umformung eines nur genähert horizontalen Bildes in ein genau horizontales Bild ist es notwendig, daß in dem Bilde mindestens drei, nach Lage und Höhe gegebene Festpunkte enthalten sind, mit deren Hilfe die Bildplatte in dem Entzerrungsinstrument durch systematische Versuche eingepaßt werden kann.

In ganz ebenem Gelände legt man Punkte und Linien ihrer Lage nach mit nahezu horizontal aufgenommenen Bildern fest, die man mit Hilfe eines Entzerrungsinstruments zu genau horizontalen Bildern umformt.

Die zum Einpassen der Meßbilder im Auswertungsinstrument oder zur Bestimmung ihrer äußeren Orientierung erforderlichen Paßpunkte können entweder nach der Herstellung der Bilder durch entsprechende Messungen im Gelände oder auch photogrammetrisch mit Hilfe der Bilder selbst horizontal und vertikal festgelegt werden¹.

D. Meßverfahren für flüchtige Aufnahmen.

Bei der Ausführung von flüchtigen Aufnahmen, also von Aufnahmen mit geringerer Genauigkeit oder von Aufnahmen zu Ausarbeitungen in kleineren Maßstäben², bei denen die Anwendung der Theodolittachymetrie und der Meßtischtachymetrie zuviel Zeit in Anspruch nehmen würde und die oben angegebenen photogrammetrischen Verfahren nicht in Frage kommen, hat man ebenfalls Punkte sowohl in horizontalem als auch in vertikalem Sinne festzulegen. Das wichtigste Verfahren zur Höhenbestimmung bei flüchtigen Aufnahmen ist die barometrische Höhenmessung.

Zur Ausführung von Aufnahmen in kleinen Maßstäben können auch photogrammetrische Verfahren verwendet werden.

1. Horizontale Festlegung von Punkten.

Hat man eine Reihe einer Linie AB entlang liegender Punkte festzulegen, so geschieht dies mit Hilfe eines Polygonzuges, bei dem man mit der Bussole Richtungswinkel der Seiten mißt. Bei der Messung eines solchen Bussolenzuges zwischen zwei Punkten A und B (Abb. 84) kann man bei der Messung der magnetischen Richtungswinkel je einen

¹ Vgl. III A 6 und 9.

² Vgl. auch z. B. Neumayer, G. v.: Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen.

Punkt überspringen. Zur Messung der Winkel benutzt man eine Stockbussole oder auch nur eine Handbussole. Die Strecken bestimmt man je nach der verlangten Genauigkeit, der zur Verfügung stehenden Zeit und der Bodenbeschaffenheit mit einem Meßrad, mit einem stereoskopischen Entfernungsmesser, durch Abschreiten oder mit Hilfe der Marschzeit. Die Festlegung von seitlich von dem Polygonzug gelegenen Punkten erfolgt durch Richtungsmessung mit der Bussole und Streckenmessung, z. B. mit einem stereoskopischen Entfernungsmesser; die Ver-

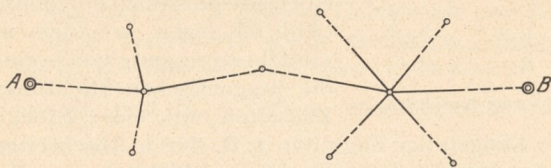


Abb. 84. Bussolenzug zwischen zwei Festpunkten.

wendung eines solchen Entfernungsmessers bietet den Vorteil, daß man die Punkte — ihre natürliche Bezeichnung vorausgesetzt — nicht zu begehen hat. Wenn möglich, kann man die Seitenpunkte auch mit Benutzung eines Fünfseitprismas nach rechtwinkligen Koordinaten festlegen; die Messung der erforderlichen Strecken kann dabei ebenfalls mit einem stereoskopischen Entfernungsmesser ausgeführt werden.

Die Aufzeichnung von solchen, zweckmäßigerweise in zwei gegebenen Festpunkten A und B angeschlossenen Bussolenzügen wird mit einem halbkreisförmigen Winkelmesser in der bei der Theodolitachymetrie angegebenen Weise ausgeführt.

Sind mehrere, ungefähr gleichmäßig über ein Gebiet verteilte Punkte $P_1, P_2, P_3 \dots$ (Abb. 85) festzulegen, so kann man hierzu entweder

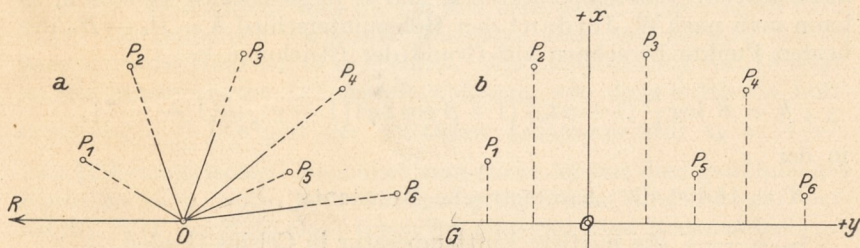


Abb. 85. Festlegung von Punkten: a) mit Polarkoordinaten, b) mit rechtwinkligen Koordinaten.

Polarkoordinaten oder rechtwinklige Koordinaten benutzen. Legt man die Punkte mit Hilfe von Polarkoordinaten (Abb. 85 a) fest, so wählt man einen Punkt O und von ihm aus eine feste Nullrichtung R und mißt von dieser aus die Winkel nach den einzelnen Punkten; wählt man als Anfangsrichtung die magnetische Nordrichtung, so mißt man die magnetischen Richtungswinkel z. B. mit einer Stockbussole. Die Entfernungen zwischen O und den Punkten $P_1, P_2, P_3 \dots$ mißt man z. B. mit einem stereoskopischen Entfernungsmesser. Legt man die Punkte mit Hilfe von rechtwinkligen Koordinaten fest, so

muß man eine Gerade G und auf ihr einen Punkt O (Abb. 85 b) wählen. Die Lotfußpunkte bestimmt man mit dem Fünfseitprisma; die Längen der Abszissen kann man z. B. durch Abschreiten und die der Ordinaten

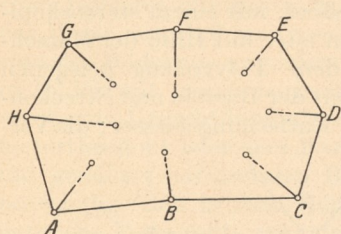


Abb. 86. Geschlossener Bussolenzug.

mit einem stereoskopischen Entfernungsmesser bestimmen. Kann man die Punkte nicht von einem Punkt aus oder von einer Geraden aus festlegen, so muß man um das betreffende Gebiet z. B. einen geschlossenen Polygonzug $ABC...H$ (Abb. 86) legen, von dem man — u. U. mit Überspringung von je einem Punkt — die magnetischen Richtungswinkel der Zugseiten mit einer Stockbussole und außerdem die Längen der Zugseiten z. B. durch Abschreiten bestimmt. Die Festlegung der einzelnen Punkte geschieht dann z. B. nach Polarkoordinaten von den betreffenden Zugecken und Zugseiten aus mit Bussole und Entfernungsmesser.

2. Barometrische Höhenmessung.

Die barometrische Höhenmessung beruht auf dem Umstand, daß der Luftdruck mit zunehmender Höhe abnimmt; man kann deshalb den Höhenunterschied zweier Punkte im Grundgedanken dadurch bestimmen, daß man in beiden Punkten — mit Rücksicht auf die zeitlichen Änderungen des Luftdrucks — gleichzeitig den Luftdruck mit Hilfe eines Barometers oder eines Siedethermometers mißt.

Werden in zwei, vertikal übereinander liegenden Punkten P_u und P_o mit den Meereshöhen H_u und H_o die Luftdrucke b_u und b_o und außerdem die Lufttemperaturen t_u und t_o je gleichzeitig gemessen, so kann man nach W. Jordan¹ den Höhenunterschied $h = H_o - H_u$ der beiden Punkte berechnen auf Grund der Gleichung

$$h = K \log \frac{b_u}{b_o} (1 + \alpha t_m) (1 + \beta \cos 2\varphi) \left(1 + \gamma \frac{e}{b_m}\right) \left(1 + \frac{2H_m}{r}\right),$$

in der

$K = 18\,400$ die „barometrische Konstante“,

$t_m = \frac{t_u + t_o}{2}$ die mittlere Lufttemperatur in Celsius-Graden,

$b_m = \frac{b_u + b_o}{2}$ der mittlere Luftdruck,

$H_m = \frac{H_u + H_o}{2}$ die mittlere Meereshöhe,

φ die geographische Breite der beiden Punkte,

e der Dunstdruck der Luft zwischen P_u und P_o ,

$r \approx 6\,370\,000$ m der Erdradius,

¹ Vgl. W. Jordan-O. Eggert: Handbuch der Vermessungskunde. 2. Band. Barometrische Höhenmessung.

$\alpha = \frac{1}{273}$ der Wärmeausdehnungskoeffizient der Luft für 1°C. ,

$\beta = 0,00265$ ein von der Abplattung der Erde abhängiger Koeffizient,

$\gamma = 0,377$ ein von der Dichte des Wasserdampfes abhängiger Koeffizient.

Da Veränderungen der geographischen Breite φ , des Dunstdrucks e der Luft, des mittleren Luftdrucks b_m und der mittleren Meereshöhe H_m einen nur geringen Einfluß auf den Höhenunterschied h ausüben, so kann man φ , e , b_m und H_m für größere Gebiete als unveränderlich annehmen und runde Mittelwerte dafür einführen. Setzt man nach W. Jordan für z. B. Mitteleuropa¹, also insbesondere Deutschland $\varphi = 50^\circ$, $\frac{e}{b_m} = \frac{1}{100}$ und $H_m = 500 \text{ m}$, so erhält man die einfachere Gleichung

$$h = 18464 (\log b_u - \log b_o) (1 + \alpha t_m).$$

Entwickelt man in dieser Gleichung die Logarithmen in Reihen, und vernachlässigt man bei diesen die Glieder höherer als erster Potenz, so findet man

$$h = 8019 \frac{b_u - b_o}{b_m} (1 + \alpha t_m).$$

Setzt man zur Abkürzung

$$8019 \frac{1}{b_m} (1 + \alpha t_m) = \Delta h, \quad \text{wobei } \alpha = \frac{1}{273} \text{ ist,}$$

so hat man zur Berechnung des Höhenunterschiedes h die Gleichung

$$h = (b_u - b_o) \Delta h.$$

Da mit $b_u - b_o = 1 \text{ mm}$ der Höhenunterschied h gleich Δh ist, Δh also derjenige Höhenunterschied ist, um den man in die Höhe steigen muß, damit der Luftdruck um einen Millimeter abnimmt, so wird Δh als barometrische Höhenstufe bezeichnet. Wie die Gleichung für Δh zeigt, ist die barometrische Höhenstufe abhängig von dem mittleren Luftdruck $b_m = \frac{b_u + b_o}{2}$ und der mittleren Lufttemperatur $t_m = \frac{t_u + t_o}{2}$.

Den Höhenunterschied berechnet man entweder mit dem gewöhnlichen Rechenschieber, wobei man Δh einer graphischen Tafel (Abb. 87) entnimmt, oder mit Hilfe eines besonders eingerichteten Rechenschiebers².

Da bei der Bestimmung des Höhenunterschiedes h zweier Punkte P_u und P_o durch Messung der Luftdrucke b_u und b_o und der Lufttemperaturen t_u und t_o im allgemeinen die beiden Punkte nicht vertikal übereinander liegen und die Messungen in beiden Punkten nicht gleichzeitig ausgeführt werden können, so muß man einerseits die ganze Messung so anordnen, daß die in der Zeit zwischen den Einzelmessungen in beiden Punkten eingetretenen Veränderungen im Luftdruck und in

¹ Werden Messungen in einem anderen Gebiet ausgeführt, so müssen die diesem entsprechenden Werte eingeführt werden.

² Ein solcher „Barometerschieber“ wird nach Angabe von P. Werkmeister von der Firma A. Nestler in Lahr i. B. gefertigt; vgl. Z. Vermessungswesen 1911, 972.

der Lufttemperatur berücksichtigt werden können, und andererseits muß man die Annahmen machen, daß diese Veränderungen innerhalb des in Frage kommenden Gebietes dieselben sind, und daß sie in der Zeit zwischen den Messungen in beiden Punkten proportional der Zeit vor sich gegangen sind.

Die wichtigsten Messungsverfahren sind die folgenden:

a) Ist die N. N.-Höhe H_a eines Punktes A gegeben und soll die N. N.-Höhe H eines Punktes P bestimmt werden, so mißt man zur Bestimmung des Höhenunterschiedes $h = H - H_a$ in A den Luftdruck

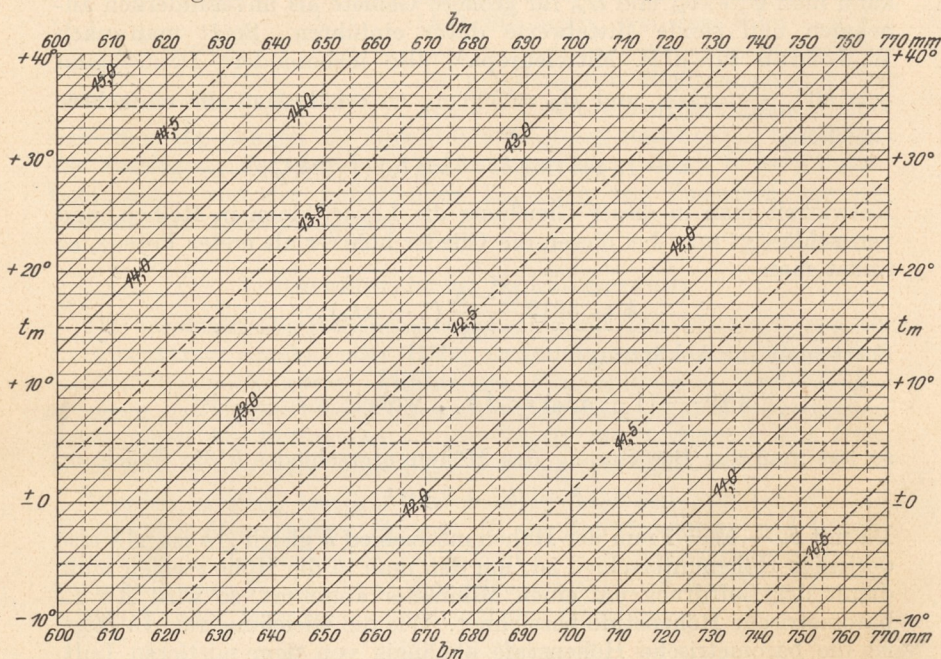


Abb. 87. Tafel für die barometrische Höhenstufe.

b_a und die Lufttemperatur t_a zur Zeit z_a , sodann in P zur Zeit z den Luftdruck b und die Lufttemperatur t , und zuletzt in A zur Feststellung der Veränderungen im Luftdruck und in der Lufttemperatur zur Zeit z_a' den Luftdruck b_a' und die Lufttemperatur t_a' . Unterschiede zwischen b_a und b_a' bzw. t_a und t_a' werden proportional der Zeit berücksichtigt. Als Instrument verwendet man einen Federbarometer, an dessen Ablesungen man die Wärmeverbesserung und die Teilungsverbesserung anbringen muß. Für die Messung der Lufttemperaturen benutzt man einen Schleuderthermometer.

Die Genauigkeit des zu messenden Höhenunterschiedes h kann man entweder dadurch erhöhen, daß man die Messung mit demselben Instrument mehrmals wiederholt, zwischen den beiden Punkten also mehrmals hin und her geht, oder dadurch, daß man mehrere Federbarometer zugleich verwendet.

Für die Aufschreibung der bei der Messung und der Rechnung sich ergebenden Werte benutzt man einen Vordruck der nebenstehenden Art.

Nach dem im vorstehenden geschilderten Verfahren kann man natürlich auch die N. N.-Höhen von mehreren Punkten $P_1, P_2 \dots$ bestimmen; man hat dabei nur zu beachten, daß die Zeit zwischen der ersten und der zweiten Messung von Luftdruck und Lufttemperatur in dem gegebenen Punkt A nicht zu groß sein darf bzw. der angestrebten Genauigkeit angepaßt ist.

b) Hat man von einem Punkt A mit gegebener N. N.-Höhe H_a ausgehend die N. N.-Höhen $H_1, H_2 \dots H_n$ einer größeren Zahl von Punkten $P_1, P_2 \dots P_n$ zu bestimmen, die unregelmäßig in einem zusammenhängenden Gebiet zerstreut liegen, so sind zwei Instrumente erforderlich; das eine, als „Feldbarometer“ benutzte Instrument dient zur Messung der Luftdrucke in den einzelnen Punkten, mit dem anderen, als „Standbarometer“ benutzten Instrument werden an einem passenden Ort die Veränderungen des Luftdrucks gemessen.

Als Feldinstrument verwendet man einen Federbarometer, bei dem man — wenn es sich um ein kleineres, z. B. an einem Tag aufnehmbares Gebiet handelt — nur die Wärmekorrektion und die Teilungsverbesserung zu berücksichtigen hat; erstreckt sich die Messung bei der Aufnahme eines ausgedehnten Gebietes über mehrere Wochen oder Monate, so muß man auch die Standverbesserung berücksichtigen, die man dann von Zeit zu Zeit durch Vergleichen mit den Ergebnissen eines Siedethermometers neu bestimmen muß. Als Standinstrument verwendet man einen Quecksilberbarometer oder einen Federbarometer; da die Ablesungen an einem solchen einen zweiten Beobachter erfordern, so verwendet man als Standinstrument u. U. auch einen Barographen, an dessen Aufzeichnungen man für jede Zeit die entsprechende Luftdruckveränderung ablesen kann.

Benutzt man bei einer in einem Tag durchzuführenden Aufnahme als Standinstrument einen Quecksilberbarometer oder einen Feder-

Bestimmung des Höhenunterschiedes zweier Punkte mit Hilfe eines Federbarometers.

Punkt	Zeit		Ablesungen am Barometer Luftdruck	Temperatur	Luft- Temp.	Luft- Druck	Luft- Temp.	$\frac{b_u + b_o}{2}$ mm	$\frac{t_u + t_o}{2}$ °	$b_u - b_o$ mm	Δh m	h m	N. N. Höhe m
	h	m	mm	°	°	mm	°	mm	°	mm	m	m	m
A	10	09	753,1	19,0	18,0	753,2	18,0						137,4
P	10	20	750,6	19,0	18,5	750,9	18,7	752	18	2,3	11,38	26,2	163,6
A	10	30	752,7	19,2	17,6								

barometer, so hat der betreffende Beobachter in Abständen von z. B. 10 Minuten den Luftdruck und die Lufttemperatur zu messen. Wird ein Quecksilberbarometer benutzt, so muß an diesem jeweils auch die Temperatur abgelesen werden; da nur die Veränderungen des Luftdrucks bestimmt werden müssen, so braucht man die sich gleichbleibenden Schwereverbesserungen und die Standverbesserung nicht anzubringen. Ist das Standinstrument ein Federbarometer, und wird dieses gegen Wärmebeeinflussung gut geschützt, so daß seine Innentemperatur sich nicht ändert, so braucht man an den Ablesungen nur die Teilungsverbesserung anzubringen.

Für die Messung der Lufttemperaturen in den festzulegenden Punkten benutzt man einen Schleuderthermometer; die Schwankungen der Lufttemperatur werden an dem Ort des Standbarometers mit einem Schleuderthermometer oder einem Thermograph gemessen.

Standbarometer

Zeit		Ablesungen am Barometer			Luft-Temp. °	Änderungen	
		Luftdruck mm	Temp. °	Verbessert mm		Druck mm	Temp. °
8	00	739,1	12,5	742,7	13,0	± 0	± 0
8	10	739,2	13,0	742,8	14,0	$-0,1$	$-1,0$
8	20	739,4	13,1	743,0	14,5	$-0,3$	$-1,5$

Für die Aufstellung der Standinstrumente wählt man einen in der Mitte des aufzunehmenden Gebietes in beliebiger Höhe gelegenen Ort, an dem man sie im Schatten aufstellt. Dauert die Messung bei der Aufnahme eines größeren Gebietes mehrere Wochen oder Monate, so erhält man die erforderlichen Änderungen im Luftdruck und in der Lufttemperatur aus den fortlaufenden Messungen der nächstgelegenen meteorologischen Station.

Die an dem Ort der Standinstrumente zu machenden Aufschreibungen zeigt der obenstehende Vordruck.

Der das Gelände begehende Beobachter liest zuerst in dem gegebenen Punkt A , dann in den Punkten $P_1, P_2 \dots P_n$ und zuletzt zur Probe nochmals in A den Stand des Federbarometers und dessen Innentemperatur ab¹, mißt mit dem Schleuderthermometer die Lufttemperatur und bestimmt die Zeit², zu der die Beobachtungen ausgeführt wurden. Für die Aufschreibungen und die Berechnungen, bei denen die Änderungen des Luftdrucks und der Lufttemperatur proportional der Zeit berücksichtigt werden, benutzt man einen Vordruck der nebenstehenden Art.

¹ Durch die nochmalige Messung des Luftdrucks in A werden insbesondere größere, durch starke Erschütterungen des Federbarometers verursachte Veränderungen der Standverbesserung während der Messung aufgedeckt.

² Die beim Standbarometer und beim Feldbarometer benutzten Uhren müssen in ihren Angaben übereinstimmen.

Die Genauigkeit der gesuchten N. N.-Höhen kann man in einfacher Weise dadurch erhöhen, daß man mehrere — bei Aufnahmen von größerer Zeitdauer mindestens drei — Federbarometer als Feldinstrumente verwendet.

c) Den Höhenunterschied zweier Punkte P_1 und P_2 können zwei Beobachter mit je einem Federbarometer dadurch bestimmen, daß sie in beiden Punkten den Luftdruck und die Lufttemperatur gleichzeitig messen. Das Verfahren findet Verwendung bei der Höhenbestimmung von Punkten längs einer bestimmten Linie. Ist die N. N.-Höhe H_a eines Punktes A gegeben, und sind die N. N.-Höhen $H_1, H_2 \dots H_n$ der Punkte $P_1, P_2, \dots P_n$ zu bestimmen, so lesen zunächst beide Beobachter in A ihre Barometer mit den Innentemperaturen ab; sodann begibt sich der eine Beobachter nach P_1 , worauf gleichzeitig in A und P_1 die Luftdrucke und die Lufttemperaturen gemessen werden. Hierauf geht der vordere Beobachter nach P_2 und der hintere nach P_1 usw.; zuletzt lesen beide Beobachter gleichzeitig ihre Instrumente in dem letzten Punkt P_n ab. An den Barometerablesungen sind sämtliche Verbesserungen anzubringen. Voraussetzung für das Verfahren ist, daß die verbesserten Ablesungen von zwei gleichzeitig in demselben Punkt gemachten Ablesungen an den beiden Barometern übereinstimmen oder stets — im Punkt A und im Punkt P_n — um denselben Betrag voneinander abweichen. Die gleichzeitige Ablesung in zwei verschiedenen Punkten erreicht man in offenem Gelände bei gegenseitiger Sicht durch Flaggenzeichen, in bedecktem Gelände bei übereinstimmenden Uhren durch vorherige Festsetzung der Zeit der Ablesung. Für die Aufschreibungen während der Messungen und die Berechnungen verwendet man einen Vordruck der umstehenden Art.

d) Kennt man die N. N.-Höhen H_a und H_e von zwei Punkten A und E mit großem Höhenunterschied, so kann man die N. N.-Höhen $H_1, H_2 \dots H_n$ von weiteren, zwischen

Punkt	Zeit		Ablesungen am Barometer		Luft-Temp. °	Verbesserungen		Luft-Temp.		$\frac{b_u + b_o}{2}$ mm	$\frac{t_u + t_o}{2}$ °	$b_u - b_o$ mm	Δh m	h m	N. N. Höhe m
	h	m	Luftdruck mm	Temp. °		Verbessert mm	Luft- Druck	Luft- Temp.	Druck mm						
A	8	00	744,2	13,0	745,7	± 0	± 0	745,7	12,8	744	12,5	2,2	11,26	24,8	<u>245,4</u>
1	8	09	742,1	13,2	743,6	— 0,1	— 1,0	743,5	12,5	743	12,5	4,1	11,28	46,1	270,2
2	8	15	740,3	13,2	741,8	— 0,2	— 1,3	741,6	12,1						291,5

Bestimmung der Höhen eines Vertikalschnitts mit zwei Federbarometern.

Beobachter A				Beobachter B				Berechnung					
Punkt	Ablesungen am Barometer		Luft-Temp. °	Punkt	Ablesungen am Barometer		Luft-Temp. °	$b_u + \frac{b_o}{2}$	$t_u + \frac{t_o}{2}$	$b_u - b_o$	Δh	h	N. N. Höhe m
	mm	°			mm	°		mm	mm	m	m		
A	716,2	14,0	16,0	A	717,1	13,8	16,0	—	—	—	—	—	248,5
A	716,6	14,0	16,0	1	716,0	13,9	16,6	718	16	1,5	11,83	+ 17,8	266,3
1	715,3	14,1	16,5	2	714,2	13,9	16,8	716	17	2,1	11,85	+ 24,9	291,2
2	713,5	14,2	16,8	3	713,2	14,0	17,0	715	17	1,3	11,87	+ 15,4	306,6

A und E liegenden Punkten $P_1, P_2 \dots P_n$ durch Einschalten bestimmen. Man liest hierzu der Reihe nach in $A, P_1, P_2 \dots P_n$ und E an einem Federbarometer den Luftdruck und die jeweilige Innentemperatur ab; sind $b_a, b_1, b_2 \dots b_n$ und b_e die verbesserten Ablesungen, so findet man die barometrische Höhenstufe Δh aus $\Delta h = \frac{H_e - H_a}{b_a - b_e}$ und kann mit ihrer Hilfe mit Benutzung des gewöhnlichen Rechenschiebers die Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Punkten berechnen.

Bei einer solchen Einschaltung der gesuchten Höhen zwischen zwei gegebenen Höhen braucht man die Lufttemperaturen nicht zu messen. An den Barometerablesungen hat man nur die Temperaturverbesserung anzubringen; die Teilungsverbesserung wird ohne weiteres bei der Einschaltung mit berücksichtigt, und von der Standverbesserung muß man annehmen, daß sie sich nicht verändert. Hat man einen kompensierten Federbarometer, bei dem also der Temperaturkoeffizient gleich Null ist, so hat man in jedem Punkt als einzige Ablesung diejenige am Barometer auszuführen.

Die Genauigkeit der barometrischen Höhenmessung ist insbesondere abhängig von der Güte der Instrumente und von den auftretenden Änderungen des Luftdrucks und der Lufttemperatur. Das für die barometrische Höhenmessung wichtigste Instrument, der Federbarometer, verlangt sorgfältige Behandlung; da starke Erschütterungen des Instruments während der Messung Veränderungen in der Standverbesserung hervorrufen können, so ist das Instrument vor Erschütterungen besonders zu schützen. Von den Änderungen des Luftdrucks und der Lufttemperatur muß man annehmen können, daß sie gleichmäßig oder proportional der Zeit vor sich gehen; dies ist besonders der Fall an ruhigen Sommertagen ohne Gewitterstörungen.

Der mittlere Fehler eines barometrisch gemessenen Höhenunterschiedes bis zu etwa 100 m beträgt ± 1 bis ± 2 m; bei größeren Höhenunterschieden bis zu etwa 1000 m muß man mit Fehlern von mindestens ± 5 m rechnen.

3. Photogrammetrische Verfahren.

Die Photogrammetrie kann insbesondere Verwendung finden bei der raschen Festlegung einzelner Punkte in horizontalem Sinne und bei der Aufnahme des Grundrisses eines größeren Gebietes in kleinem Maßstab.

Sind in einem größeren Gebiet einige Punkte ihrer Lage nach gegenseitig festgelegt, so kann man weitere Punkte — wie z. B. Berggipfel — photogrammetrisch mit Hilfe von Rundbildern festlegen, die man entweder in gegebenen oder gesuchten Punkten aufnimmt. Man verwendet hierzu einen Phototheodolit und verschwenkt zwischen je zwei anstoßenden Aufnahmen die Meßkammer mit Hilfe des Horizontalkreises um einen runden, von der Brennweite und der Plattengröße der Meßkammer abhängigen Winkel, den man so wählt, daß die aufeinanderfolgenden Bilder sich um wenig überdecken. Führt man die Aufnahmen mit vertikalen Bildebenen aus, so kann man den einzelnen, zu einem zusammenhängenden Rundbild zusammenstellbaren Bildern die erforderlichen Winkel zwischen den im Rundbild erscheinenden Punkten mittelbar mit Hilfe der Punktabstände von den vertikalen Bildachsen und der bekannten Brennweite in der früher angegebenen Weise entnehmen. Die Festlegung der gesuchten Punkte geschieht entweder durch Vorwärtseinschneiden von gegebenen Punkten aus, wobei man jeden neuen Punkt zur Vermeidung von Verwechslungen von mindestens drei festen Punkten aus bestimmt, oder durch Rückwärtseinschneiden.

Kann die Aufnahme eines größeren, nur geringe Höhenunterschiede aufweisenden Gebietes mit Hilfe von Aufnahmen aus einem Luftfahrzeug ausgeführt werden, und soll die Kartierung in einem kleinen Maßstab — 1:75 000 oder 1:100 000 — vorgenommen werden, so verwendet man als Aufnahmeinstrument eine Mehrfachkammer. Eine von der Photogrammetrie G. m. b. H. in München in den Handel gebrachte, in ihren Grundgedanken auf Th. Schleimpflug zurückgehende Mehrfachkammer besteht aus neun Einzelkammern, die derart miteinander verbunden sind, daß gleichzeitig neun, einander leicht überdeckende Bilder aufgenommen werden können. Von den neun Objektiven sind acht in gleichen Abständen um das mittlere Objektiv angeordnet. Die Bildebenen von allen neun Kammern liegen in derselben Ebene, so daß die Aufnahme von je neun Bildern auf derselben Platte erfolgt; dies wurde dadurch erreicht, daß den Objektiven der acht seitlich angeordneten Kammern je ein entsprechendes Prisma vorgeschaltet ist. Die Prismen sind so eingerichtet, daß bei genau horizontal liegender Platte die Achsen der acht Seitenkammern je eine Nadirdistanz von 54° haben. Der Hauptpunkt des Gesamtbildes ist durch vier Meßmarken bestimmt. Für die Umformung der acht Seitenbilder auf den Maßstab und die Bildebene des Mittelbildes ist ein besonderes

Entzerrungsgerät erforderlich. Nach der Umformung der acht Seitenbilder ergibt sich ein zusammenhängendes Bild, das bei ungefähr horizontalem Mittelbild ein quadratisches Gebiet bedeckt, dessen Seite etwa fünfmal so groß ist als die Flughöhe. Da es trotz besonderer Vorrichtungen nicht möglich ist, die Platte im Augenblick der Aufnahme genau horizontal zu legen, so muß das nach Umformung der acht Seitenbilder entstehende Gesamtbild auf Grund der erforderlichen Festpunkte auch noch entsprechend umgeformt werden.

III. Die Grundlage und die Ausführung von topographischen Aufnahmen.

Für die Ausführung einer topographischen Aufnahme ist eine Grundlage sowohl in horizontalem als auch in vertikalem Sinne erforderlich. Es ist möglich, daß eine solche Grundlage schon vorhanden ist; in vielen Fällen muß die Grundlage durch entsprechende Messungen erst geschaffen werden.

A. Die Grundlage für eine topographische Aufnahme.

Muß die Grundlage für eine Aufnahme erst geschaffen werden, so hat man die Aufgabe, eine entsprechende Zahl von Punkten in horizontalem und vertikalem Sinne festzulegen; dabei ist es möglich, daß von einzelnen Punkten nur die Lage und von anderen nur die Höhe bestimmt wird. Für die Durchführung der topographischen Aufnahme ist es zweckmäßig, wenn von möglichst vielen Punkten die Lage und die Höhe bekannt ist. Die Zahl der für die topographische Aufnahme als Grundlage erforderlichen Punkte ist abhängig von dem Maßstab, in dem die Aufnahme ausgeführt bzw. ausgearbeitet werden soll, sowie von der Gestaltung und der Übersichtlichkeit des Geländes; je größer jener Maßstab, je weniger übersichtlich das Gelände ist, desto mehr Punkte sind als Grundlage für die Aufnahme erforderlich. Der Maßstab der Aufnahme oder ihrer Ausarbeitung muß demnach bei der Schaffung der Grundlage, bei der man besser einige Punkte zuviel als zuwenig bestimmt, festliegen.

1. Die Grundlage für die Aufnahme in horizontalem Sinn.

Als horizontale Grundlage für eine topographische Aufnahme kommen Katasterkarten oder Katasterpläne in Frage; stehen solche zur Verfügung, so benutzt man sie als Grundlage für die Aufnahme zweckmäßigerweise auch dann, wenn ihr Maßstab größer ist als derjenige, in dem die topographische Aufnahme auszuführen ist. Kann eine vorhandene zusammenhängende Katasterkarte als Grundlage für die Aufnahme verwendet werden, so ist der Grundriß in der Hauptsache gegeben; die Bestimmung von weiteren Punkten ist dann nur noch in weitparzelliertem Gelände und in größeren Waldungen notwendig. Stehen nicht zusammenhängende Katasterpläne oder solche in verschiedenen Maßstäben zur Verfügung, so muß man sie zuerst zusammen-