

weitere Hilfspunkte, die man ähnlich bezeichnet, und deren Höhenunterschiede in bezug auf den Hauptpunkt ebenfalls bestimmt werden.

Bei der Bestimmung der Höhen der die Grundlage einer topographischen Aufnahme bildenden Punkte hat man die gesamte Messung so anzuordnen, daß sie vom Großen ins Kleine vor sich geht; die dabei in Frage kommenden Höhenunterschiede können durch Nivellieren oder durch Vertikalwinkelmessung oder tachymetrisch bestimmt werden. Die genaueste, aber auch die zeitraubendste Art der Höhenbestimmung ist das Nivellieren, bei dem die N. N.-Höhe eines Punktes mit einer Unsicherheit von rund einem Zentimeter bestimmt werden kann.

11. Höhenbestimmung durch Nivellieren.

Bei der als Nivellieren bezeichneten Art der Höhenmessung werden die Höhenunterschiede mit Hilfe von horizontalen Geraden bestimmt; dies erfordert ein Fernrohr mit einer darauf befestigten Libelle, wobei die Libellenachse parallel zur Zielachse des Fernrohrs sein muß, so daß bei einspielender Libelle die Zielachse des Fernrohrs horizontal liegt.

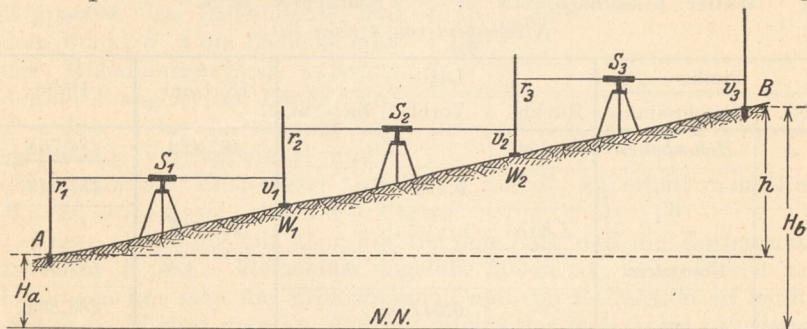


Abb. 111. Höhenbestimmung durch Nivellieren.

Ist die N. N.-Höhe H_a eines Punktes A (Abb. 111) gegeben, und soll die N. N.-Höhe H_b eines Punktes B bestimmt werden, so erhält man, wenn h der Höhenunterschied zwischen A und B ist, H_b aus $H_b = H_a \pm h$. Soll h durch Nivellieren bestimmt werden, so kann man dies im allgemeinen nicht mit nur einer horizontalen Geraden ausführen; man stellt dann das Instrument — Tachymetertheodolit mit Nivellierlibelle auf dem Fernrohr — in passender Entfernung von A in S_1 auf und macht bei einspielender Libelle mit dem Horizontalfaden — sind drei Fäden vorhanden, mit dem „Nivellierfaden“ — an einem in A vertikal auf gehaltenen Maßstab (Nivellierlatte) die als Rückblick bezeichnete Ablesung r_1 . Der Latenträger wählt dann einen Hilfs- oder Wechselpunkt W_1 und hält auf ihm die Latte vertikal auf, so daß bei einspielender Libelle die als Vorblick bezeichnete Ablesung v_1 gemacht werden kann. Während die Latte in W_1 bleibt, wird das Instrument nach einem Standpunkt S_2 gebracht und dort aufgestellt; sodann werden je bei einspielender Libelle von S_2 aus der Rückblick r_2 und für einen Wechselpunkt W_2 der Vorblick v_2 abgelesen. In ähnlicher Weise werden von einem In-

strumentstandpunkt S_3 aus die Ablesungen r_3 und v_3 gemacht. Die N. N.-Höhe H_b ergibt sich an Hand der Abbildung aus

$$H_b = H_a + r_1 - v_1 + r_2 - v_2 + r_3 - v_3$$

oder

$$H_b = H_a + \Sigma r - \Sigma v.$$

Die Entfernung zwischen Latte und Instrument oder die Zielweite ist abhängig von den jeweiligen Steigungsverhältnissen und von der angestrebten Genauigkeit; soll diese groß sein, so wählt man als größte Zielweite 50 m und führt die Ablesungen an der Latte, die dann eine Zentimeterteilung haben muß, auf Millimeter genau aus. Kann man sich mit einer geringeren Genauigkeit begnügen, so liest man an der dann nur eine Halbdezimeterteilung tragenden Latte auf Zentimeter genau ab; bei der Zielweite geht man dann bis 100 und mehr Meter.

Höhenbestimmung durch Nivellieren.

Datum: 1929, Juli 25.

Instrument: 46.

Wetter: windstill, bewölkt.

Beobachter: N. N.

Nivellement von A nach B.

Punkt-		Latte			Horizont	Höhe
Nr.	Beschreibung	Rückbl.	Vorbl.	Zw.-Abl.		
A	Höhenbolzen	2,654			487,422	484,768
			0,373			487,049
	— W_1 — {	1,857			488,906	
1	Grenzstein			0,918		487,988
			0,541			488,365
	— W_2 — {	2,026			490,391	

Für die Aufschreibung der bei der Messung gemachten Ablesungen und für die Berechnung der aus ihnen sich ergebenden Höhen empfiehlt sich die Verwendung eines Vordruckes, in dem die einzelnen Ablesungen nach Rückblicken und Vorblicken geordnet eingeschrieben werden.

Sind die Punkte, deren Höhenunterschiede bestimmt werden sollen, weit auseinander, so daß die Messung mehr als z. B. fünf Instrumentaufstellungen erfordert, so bestimmt man mit Rücksicht auf Störungen bei der Messung nebenher die Höhen von natürlich bezeichneten, passend gewählten Hilfs- oder Zwischenpunkten. Führt man die Berechnung eines Nivellements in der Weise durch, daß man die N. N.-Höhen der Instrumenthorizonte durch Addieren der Rückblicke bestimmt, so erhält man die Höhe eines Zwischenpunktes durch Subtrahieren der betreffenden Lattenablesung vom Instrumenthorizont. Ein Vordruck mit einem Beispiel für die Aufschreibung und die Rechnung ist oben angegeben.

Zur Aufdeckung von groben Fehlern oder zur Verschärfung der Messung führt man die Nivellementszüge derart aus, daß sie in Punkten

mit bekannter N. N.-Höhe abschließen; unvermeidliche Anschlußfehler kann man vielfach der Zahl der Instrumentaufstellungen entsprechend verteilen. Größere Nivellementsnetze werden nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen¹.

12. Höhenbestimmung durch Vertikalwinkelmessung.

Hat man für die Aufnahme eines Gebietes die Höhen einer Anzahl Punkte durch Nivellieren bestimmt, so kann man von diesen Punkten ausgehend die Höhen weiterer Punkte durch Vertikalwinkelmessung bestimmen; die dabei zu lösende Aufgabe lautet so:

Gegeben ist die N. N.-Höhe H_s eines Punktes S (Abb. 112), in dem der Theodolit aufgestellt werden kann; gesucht ist die N. N.-Höhe H eines Punktes P .

Ist i die Instrumentenhöhe oder der Höhenunterschied zwischen der Kippachse des Instruments und dem Punkt S , z die Zielhöhe oder der Höhenunterschied zwischen dem in P angezielten Punkt² und P selbst, α der der Zielung entsprechende Vertikalwinkel und e

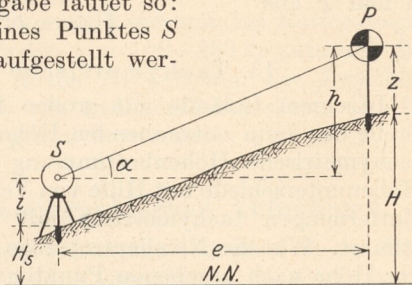


Abb. 112. Höhenbestimmung durch Vertikalwinkelmessung.

die horizontale Entfernung zwischen S und P , so erhält man H aus $H = H_s + i \pm h - z$, wobei $h = e \operatorname{tg} \alpha$.

Diese Gleichung gilt aber nur für den Fall, daß die Entfernung e zwischen P und S kleiner als ungefähr 500 m ist; bei größeren Entfernungen hat man die Erdkrümmung und die Refraktion zu berücksichtigen. Nimmt man an, daß der infolge der Refraktion gekrümmte Zielstrahl nahezu die Form eines Kreisbogens hat, so kann man H berechnen auf Grund der Gleichung

$$H = H_s + i \pm e \operatorname{tg} \alpha + \frac{e^2}{2r} (1 - k) - z,$$

in der r der Erddurchmesser, also gleich 6370000 m, und k der „Refraktionskoeffizient“ ist.

Der Refraktionskoeffizient k ist abhängig von der Beschaffenheit der Luft; er ist mit dieser an verschiedenen Orten und an demselben Ort zu verschiedenen Zeiten verschieden. Man kann k dadurch bestimmen, daß man die N. N.-Höhe H eines Zielpunktes P durch Nivellieren bestimmt. Liegen für das in Frage kommende Gebiet keine besonderen Bestimmungen von k vor, so kann man $k = 0,13$ annehmen; dieser aus zahlreichen Messungen hervorgegangene Mittelwert gilt für mittlere Verhältnisse, bei nicht zu feuchter und nicht zu staubreicher Luft. Mit Rücksicht auf die Schwankungen, denen der Refraktionskoeffizient k unterworfen ist, muß man auch unter scheinbar mittleren

¹ Vgl. z. B. Werkmeister, P.: Einführung in die Ausgleichsrechnung. Stuttgart 1928.

² Für die Zwecke der Messung muß P entweder mit einer besonderen Zieltafel oder einer Querlatte an einer vertikalen Stange bezeichnet werden.