

8.6 Höhenmessung

Definition der Höhe

Unter der "Höhe" versteht man in der Vermessungstechnik den senkrechten Abstand eines Punktes von einer Bezugsfläche. Die absolute Höhe beschreibt somit den Abstand vom mittleren Meeresspiegel, die relative Höhe beispielsweise die Erhebung eines Berggipfels über seine Umgebung (Abb. 1).

Die Höhenmessung dient in der Vermessungstechnik der Bestimmung von Höhenunterschieden von Punkten der Erdoberfläche. Man unterscheidet dabei die Erstellung eines Nivellements – auch als geometrische Höhenmessung bezeichnet –, die trigonometrische Höhenmessung und die barometrische Höhenmessung. Durch die Verknüpfung der Messungen mit bekannten Höhenfestpunkten ergeben sich absolute Höhen. Für die archäologische Vermessung ist die barometrische Höhenmessung mit Genauigkeiten im Meterbereich nicht ausreichend, sie wird hier deshalb nicht weiter beschrieben. Durch geometrische Höhenmessung mit einem Nivelliergerät lassen sich hingegen Genauigkeiten im mm-Bereich, durch trigonometrische Messung mit einem Theodoliten immerhin noch im cm-Bereich erzielen. Elektronische Höhenmessungen können mit einem elektro-optischem Tachymeter, mit Hilfe satellitengestützter Verfahren (GPS, GNSS) sowie mit Photogrammetrie und Laserscans vorgenommen werden.

Umstellung der Höhenwerte auf das Deutsche Haupthöhennetz 1992

Die absolute Höhe wird innerhalb eines Höhenbezugssystems ermittelt, das regional unterschiedlich sein kann. Vor der Vereinigung von Ost- und Westdeutschland gab es zwei unterschiedliche Höhenbezugssysteme:

Während man im Osten die Höhen als Werte über Höhennull (HN), Kronstädter Pegel (System SNN76) angab, waren die Höhen in W welches im Gegensatz zu den älteren Systemen auch das Schwerefeld der Erde als Korrekturfaktor berücksichtigt. Die neue Bezeichnung lautet "Höhen über Normalhöhennull (NHN), Amsterdamer Pegel (DHHN92)". Der Datumspunkt für NHN-Höhen liegt in Wallenhorst, Ldkr. Osnabrück, der Nullpunkt ist als Pegel von Amsterdam definiert. Mittlerweile wird im Deutschen Haupthöhennetz 1992 das Schwerefeld der Erde durch das Quasigeoid-Modell mit berücksichtigt. Es ist auf das Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89) übertragbar und im einheitlichen europäischen Höhensystem UELN (United European Levelling Network) zusammengeschlossen.

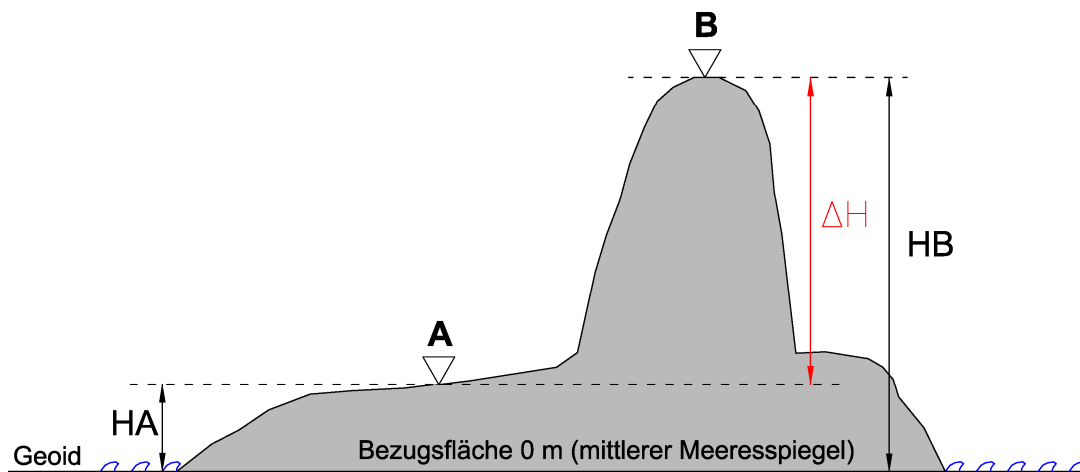


Abb. 1 Absolute Höhe (HA,HB), relative Höhe (ΔH).

Ellipsoid, Geoid, Quasigeoid

Um vergleichbare Höhenwerte messen zu können ist es sinnvoll, auf der Erdoberfläche eine Bezugsfläche zu definieren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Form der Erdoberfläche zwar durch verschiedene Modelle beschreiben lässt; diese stellen jedoch alle nur Annäherungen an die Realität dar. Ein einfaches, rein geometrisches Modell ist das Rotationsellipsoid, das als abgeplattete Kugel angesehen werden kann. Da Höhen jedoch auch von physikalischen Faktoren wie dem Gravitationsfeld der Erde und der Zentrifugalkraft abhängig sind, werden Korrekturen nötig, die im Meer durch das Geoid, an Land durch das Quasigeoid beschrieben werden. Die Oberfläche des Geoids ist die Niveaufläche, die mit dem in Ruhe befindlichen Meeresspiegel zusammenfällt und die man sich unter den Kontinenten fortgesetzt. Das Referenzellipsoid ist ein Rotationsellipsoid, das sich einem bestimmten Teil des Geoids maximal anpasst (Petrahn 1999, 92).

Höhenfestpunkte

Höhenfestpunkte (HPs) sind Vermessungspunkte der Grundlagenvermessung, die mit ihren hochgenau bestimmten Höhen europäische, bundesweite und landesweite Höhenreferenzsysteme darstellen. HPs werden durch Höhenbolzen an Bauwerken oder durch Granitpfeiler mit Höhenbolzen an definierten Lokalitäten festgelegt. Für die Wahl des Standortes ist die Beschaffenheit des Bauwerkes bzw. des Baugrundes von größter Bedeutung. Außerdem müssen HPs stets zugänglich sein. Höhenfestpunkte dienen als Ausgangspunkte für Höhenmessungen der Ingenieurgeodäsie aber auch für wissenschaftliche Untersuchungen zur Erforschung großräumiger vertikaler Erdkrustenbewegungen. Zur Markierung des Standortes und zum Schutz eines Granitpfeilers mit Höhenbolzen sind im Abstand von ca. 1 m in der Regel rot-weiße Schutzsäulen angebracht. Die Höhenfestpunkte besitzen eine Abweichung von maximal 1mm und sind somit bestens als Ausgangspunkt für Grabungsvermessungen geeignet.

Praxis der Höhenmessung

Vor dem Beginn der Vermessungsarbeiten müssen beim jeweils zuständigen Vermessungsamt die Daten zu Höhenfestpunkten angefordert werden. Eine Überlassung der Daten kann, je nach den Regelungen in den unterschiedlichen Bundesländern, kostenpflichtig sein. Für die reibungslose Bearbeitung der Anfrage ist eine genaue Bezeichnung des Grabungsgebietes (Kreis, Gemeinde, Gemarkung, Strasse und Blattnummer der Topographischen Karte) hilfreich. Gegebenenfalls können die amtlichen Mittenkoordinaten der zu nivellierenden Fläche angegeben oder das Gebiet auf einer Karte farblich markiert werden.

Bei der Grabung werden dann die Lageinformationen (XY) von Funden und Befunden durch das Ermitteln der absoluten Höhenwerte (Z) zu einer dreidimensionalen Einmessung (YXZ) ergänzt. Höheninformationen sind vor allem bei sich überlagernden Befunden von zentraler Bedeutung (beispielsweise bei Friedhöfen mit übereinander liegenden Bestattungen). Durch Anlage eines ausreichend dichten Rasters von Höhenpunkten in einem Höhenschichtenplan kann die Oberfläche archäologischer Strukturen dokumentiert werden, so dass auch die Erstellung eines digitalen Geländemodells zur Visualisierung möglich ist. Eine Aufnahme der Geländehöhen ist besonders dort zwingend erforderlich wo durch Bodeneingriffe Denkmale oder Landschaften verändert werden. Grundsätzlich sollte jedoch jeder Ausgrabung ein Nivellement des Geländes vorausgehen. Nur so kann gewährleistet werden, dass keine für die Auswertung relevanten Informationen undokumentiert verloren gehen.

In der Grabungspraxis werden sowohl Nivelliergeräte als auch elektrooptische Messgeräte (Totalstation, 3D-Scanner) und das GPS (Globales Positionierungs-System) zur Bestimmung der Höhe eingesetzt. Die digitalen Methoden gewinnen zunehmend an Bedeutung und erzielen auch bereits Genauigkeiten im cm-Bereich. Auf kleineren Flächen können Höhenwerte geringerer Genauigkeit jedoch auch durch Wasserwaage, Laserwasserwaage

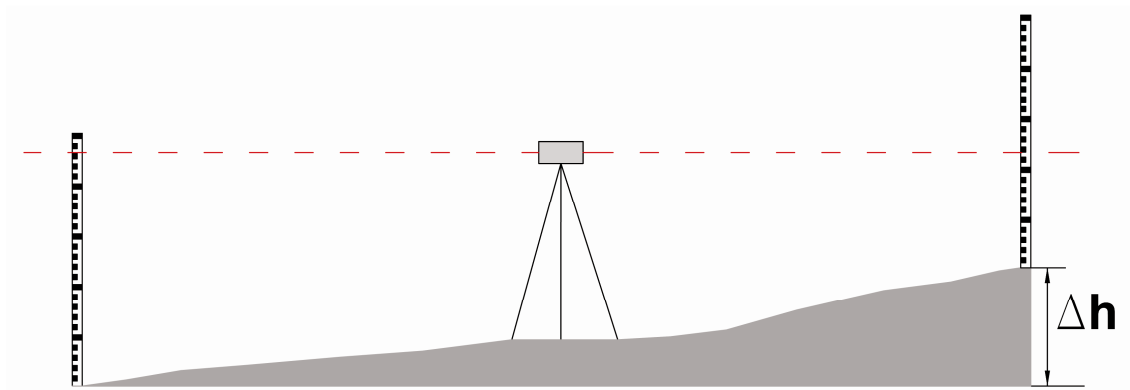


Abb. 2. Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen zwei Punkten.

und Rotationslaser gemessen werden. Vor allem bei Höhlengrabungen wird auch die Hydrostatische Höhenmessung mit der Schlauchwaage angewandt.

8.6.1 Höhenmessung mit Nivelliergeräten (Geometrische Höhenmessung)

Nivelliergeräte, auch häufig umgangssprachlich als „Nivellier“ bezeichnet, arbeiten nach einem einfachen Prinzip: Durch das optische Instrument wird ein künstlicher Horizont bestimmter Höhe festgelegt (Abb. 2). Nivelliergeräte bestehen aus einem Messfernrohr mit Fokussierung, das um die Stehachse gedreht werden kann. Dosenlibellen dienen zum groben „Horizontieren“, die Feineinstellung wird mit Röhrenlibelle oder mit einem Kompensator vorgenommen. Unter dem Begriff „Horizontieren“ ist zu verstehen, dass die Zielachse des Instrumentes waagrecht ausgerichtet wird. Im Innern des Fernrohres befindet sich die Strichkreuzplatte, meist versehen mit zwei Querbalken, den sogenannten Distanzstrichen. Das Nivelliergerät steht auf einem Dreibeinstativ, die Ablesungen erfolgen an einer ausziehbaren Nivellierlatte mit Meter-, Dezimeter- und Zentimeter-Markierungen. Millimeter können beim Ablesen geschätzt werden. Die Nivellierlatte sollte ebenfalls eine Libelle aufweisen oder – wenn dies nicht der Fall ist – mit einem Lattenrichter möglichst senkrecht positioniert werden.

Durch das Nivellieren wird der Höhenunterschied Δh zwischen zwei Punkten bestimmt.

Die 1. Hauptforderung der Nivellierung lautet für das Libellennivellier: Die Zielachse ist parallel zur Achse der Röhrenlibelle ausgerichtet.

Für das Kompensatornivellier: Die Zielachse ist im Bereich des Kompensators horizontal.

Es gibt verschieden konstruierte Nivelliergeräte, deren Nutzungsmöglichkeiten sich unterscheiden:

- Libellennivellier: Das Gerät wird durch Wasserwaagen (Libellen) horizontiert.
- Kompensatornivellier: Nach grober Horizontierung wird durch Betätigung eines eingebauten Pendels – des Kompensators – die Zielachse automatisch horizontiert.
- elektronisches Nivellier: Mit einem Sensor im Instrument wird die Lattenhöhe an Hand eines Strichcodes elektronisch ermittelt, am Instrumenten- Display angezeigt und gespeichert.

Genauigkeitsstufen (Abweichungen in mm pro km Doppelnivellement, nach Deumlich/Staiger 2002, 274):

- Baunivelliergerät: +/- 8-20 mm / km
- Ingenieursnivelliergerät: +/- 1-4 mm / km
- Präzisions-/Feinnivelliergerät: +/- 1-0,5 mm / km (oder darunter)

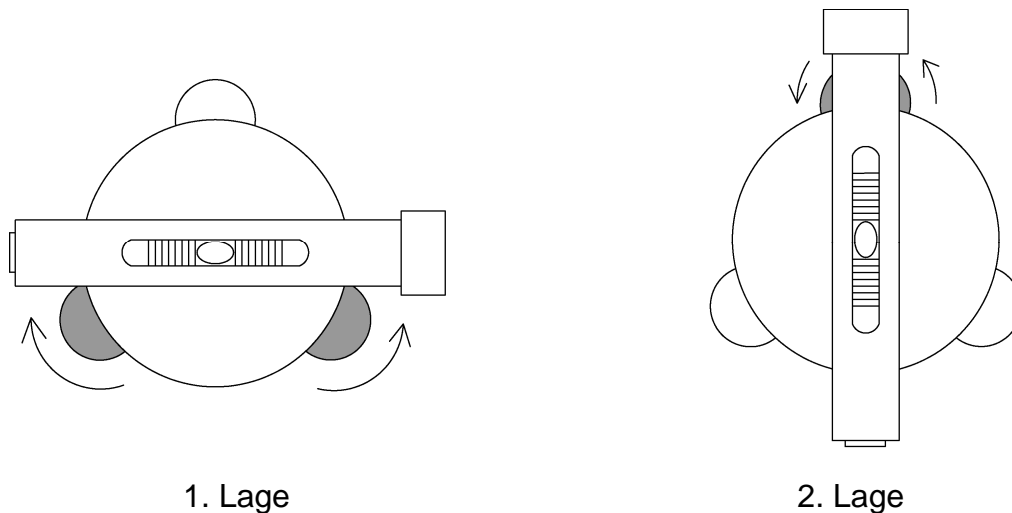


Abb. 3. Horizontieren des Nivelliergerätes mit 3 Fußschrauben.

Die Genauigkeit der Messungen kann auch durch folgende äußere Faktoren beeinflusst werden:

- Wetter (Sturm, Hitzeflimmern, Nebel, Erhitzung durch Sonnenstrahlen)
- Ablesegenauigkeit des Vermessers (Ablesefehler)
- Zielweite
- Genauigkeit der Lattenbemaßung
- Standfestigkeit des Stativs
- Meßlatte gerade halten

Aufstellen des Nivelliergerätes und Messungsablauf

Bei Aufstellen des Nivelliergerätes ist darauf zu achten, dass es stabil steht. Die Stativbeine sollten deshalb weit gespreizt aufgestellt werden, ihre Spitzen müssen fest in den Boden hineingetreten sein.

Bei der Horizontierung der Libelle mittels Fußschrauben sind diese fest anzuziehen. Wenn ein Kompensator vorhanden ist, sollte er unbedingt betätigt werden. Das Horizontieren beginnt grob bei der Dosenlibelle. Danach wird die Röhrenlibelle parallel zu zwei Fußschrauben ausgerichtet und durch gegenläufiges Drehen der beiden Schrauben eingespielt (1. Lage). Nach Drehung um 200 Gon (180 Grad) wird die Röhrenlibelle erneut durch die 3. Fußschraube eingespielt (2.Lage; vgl. auch Abb. 3). Durch Zurückdrehen um 200 Gon wird die Horizontierung nachjustiert. Dieses Vorgehen wird als "Horizontieren in zwei Lagen" bezeichnet.

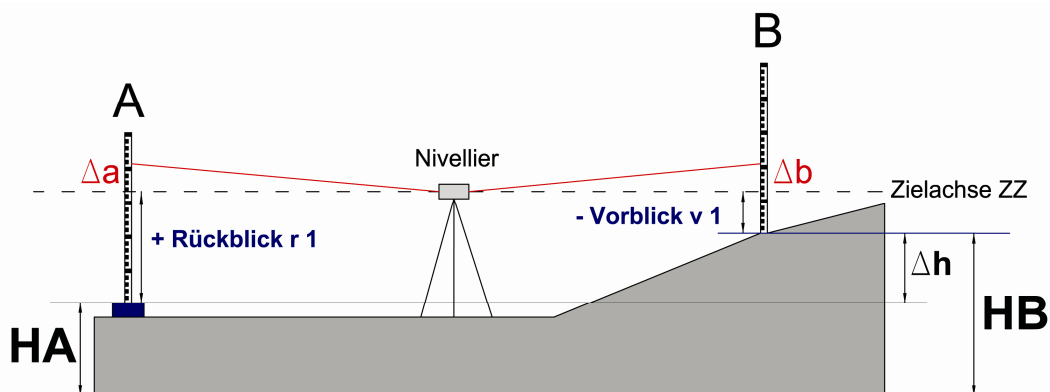


Abb. 4. Nivellement mit Rückblick und Vorblick.

Nachdem das Nivelliergerät korrekt horizontiert wurde, kann mit den Höhenmessungen begonnen werden. Von jedem Standpunkt aus werden jeweils zwei Messungen, nämlich Rückblick und Vorblick, vorgenommen (vgl. Abb. 4):

- Rückblick: Nivellierlatte anzielen, fokussieren, Wert ablesen
- Vorblick: Nivellierlatte anzielen, fokussieren, Wert ablesen

Die Höhenberechnung erfolgt durch die *Grundgleichung des Nivellements*:

Höhenunterschied $\Delta h = \text{Rückblick } r - \text{Vorblick } v$

HA: Höhe eines bekannten Punktes A in m

HB: ermittelte Höhe B

Δh : Höhenunterschied zwischen A und B = Rückblick - Vorblick

$\Delta a, b$: Zielachsenfehler

Beim Schleifennivellement wird ein und derselbe Höhenpunkt als Anfangs- und Endpunkt verwendet. Somit ist eine Kontrolle der Messung in sich möglich.

Beim Streckennivellement ist dagegen eine vergleichbare Kontrolle der Messung nicht möglich. Daher sollten die Höhen der Anfangs- und Endpunkte A und B bekannt sein, um das Messungsergebnis umfassend kontrollieren zu können (vgl. Abb. 5):

Von A beginnend, wird am 1. Standpunkt zuerst die Höhe im Rückblick (R1) bestimmt. Der Winkel zwischen Vor- und Rückblicken soll möglichst 200 Gon (180 °) betragen. Im Vorblick (V1) wird die Latte dann auf einem beliebigen Wechsellpunkt (W) abgelesen. Dazwischen kann auch ein höhenmäßig zu bestimmender Punkt C einbezogen werden. Nun werden Latte und Nivellier wechselseitig so lange umgesetzt bis Punkt B erreicht ist. Dazu überholt die Person am Nivelliergerät die Person an der Messlatte, die während der Messung von Vor- und Rückblick unbedingt stehen bleiben muss. Nur die Latte wird zur Ablesung in Richtung des neuen Standpunktes gedreht. Als Lattenstandpunkt empfiehlt sich zum Beispiel die Spitze eines Steines am Wegesrand oder die Verwendung eines Lattenuntersatzes, der umgangssprachlich auch als "Frosch" bezeichnet wird.

Latte und Nivelliergerät wechseln nie gleichzeitig den Standpunkt da sonst der Höhenbezug verloren geht. Die Strecken zwischen Nivelliergerät und Latte sollen ähnlich lang sein, da auf diese Weise der Zielachsenfehler $\Delta a, b$ rechnerisch ausgeglichen wird.

Die Entfernungen zwischen Nivelliergerät und Messlatte können an Hand der Distanzstriche im Fernrohr mit folgender Formel ermittelt werden:

Zwischen den Strichen abgelesene cm x 100 = Entfernung Nivelliergerät – Messlatte in cm.

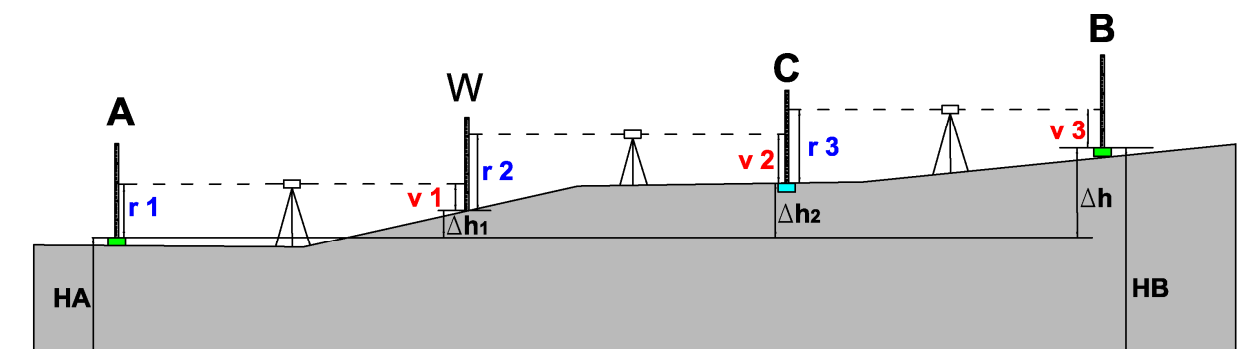


Abb. 5. Nivellementszug mit bekannten Punkten A und B.

Ort: Höhenhausen, Grabung Höhenweg			Nivellement			
Datum: 6.3.'09 Instr.: Ni 040A Nr.20306 Beobachter: Müller Prüfer: Meier						
r	Ableseung		Höhen- unterschied DH	Höhe H	Pkt.	Lage u. Beschreibung
Rückblick Vorblick	z Zwischenblick	v				
2,852 ⁺²				106,320	A	H.-Bolzen Talstr.9
4,068 ⁺²		1,409		107,765	W	Wendepunkt
3,971 ⁺²		2,608		109,225	C	Neuer Punkt
		2,090		111,110	B	H.-Bolzen Bergweg 1
10,891		6,107	DH _{soll}	+ 4,790	(Ende-Anfang)	
DH _{ist} = Summe Rückblicke – Summe Vorblicke = Sr – Sv = 10,891 - 6,107= 4,784						
Abschlußfehler / Verbesserung V = DH _{soll} – DH _{ist} = 0,006 (wird verteilt auf alle Rückblicke)						

Abb. 6. Muster eines Messprotokolls eines Streckennivellements mit Kontrolle und Verbesserung.

Der Höhenunterschied berechnet sich aus der Differenz der Summen der Rück- und Vorblicke: **DH = SR –SV**. Die Höhe eines neu zu bestimmenden Punktes C ergibt sich aus der Höhe von Ausgangspunkt A und dem Höhenunterschied: **HC = HA + DH**

Nivellement von Flächen

Um größere Grabungsflächen mit einem regelmäßigen Raster von Höhenpunkten zu versehen wird zuerst die Höhe des Nivelliergerätes durch einen höhenmäßig bekannten Punkt A durch folgende einfache Rechnung bestimmt:

Höhe von Punkt A + Ableseung der Messlatte in m = Höhe des Nivelliergerätes in m.
Der so ermittelte Höhenwert wird umgangssprachlich auch als "Tageswert" bezeichnet.

Nun werden Punkte in einem regelmäßigem Messraster auf die zu nivellierende Fläche (mit Fluchtstangen und Schrittmaß oder Maßbändern) übertragen und als Zwischenblicke nivelliert. Um absolute Höhen zu erhalten, müssen vom Tageswert anschließend die einzelnen Zwischenblicke wieder abgezogen werden. Die Lage der einzelnen Punkte kann auf einer Zeichnung dokumentiert werden. Durch Nummerierung der einzelnen Punkte kann jedem Punkt auf der Zeichnung der entsprechende Höhenwert im Messprotokoll zugewiesen werden. Die Masseinheit von Zeichnung und Messprotokoll muß auf den Blättern eindeutig vermerkt sein (z.B. Grabung XY, Fläche 10, Planum 2, Maßstab 1:100). Weiterhin ist das Datum der Messung und Name des Vermessers zu notieren.

Kontrolle der ermittelten Höhenwerte

Bei allen Methoden der Höhenmessung, ob analog oder digital, muss immer eine Kontrolle des Instrumentes und der gemessenen Werte vorgenommen werden. Erst nach anfänglicher Instrumentenkontrolle werden die Messungen begonnen. Nach den Messungen wird erst nach einer abschließenden Kontrolle des Messprotokolls auf Fehler das Instrument abgebaut (vgl. Abb. 6). Bei längerem Verweilen des Nivelliergerätes auf einem Standpunkt ist es ratsam, zwischen den Messungen und vor dem Abbau regelmäßig Überprüfungen an Hand eines bekannten Höhenpunktes vorzunehmen. Bei zwei Punkten von denen die Höhen bekannt sind, kann durch Einbindung beider Punkte A und B als Anfangs- und Endpunkt die vorgenommene Messung durch eine einfache Rechnung überprüft werden:

Höhe A + (Summe der Rückblicke **SR** – Summer der Vorblicke **SV**) = Höhe B

Ist nur die Höhe von einem Punkt bekannt, kann durch ein Schleifennivellement (geschlossener Nivellements zug) zumindest eine Kontrolle der Höhenmessung in sich erfolgen. Schleifennivellements beginnen und enden auf ein und demselben Höhenpunkt. Idealer Weise ist bei Benutzung nur eines Höhenpunktes als Anfangs- und Endpunkt der Höhenunterschied: $DH = SR - SV = 0$.

Sollte nach Überprüfung ein deutlicher Fehler festgestellt werden, wird erneut gemessen oder der Fehler auf alle Rückblicke gleichmäßig verteilt. Man spricht dann von einer "Verbesserung". Das Messprotokoll soll nachvollziehbar sein. Deshalb werden Fehler nicht ausradiert sondern durchgestrichen. Zum Messprotokoll gehören Datum, Projektname (Grabung XY), Gerät, Name des Vermessers und Bezeichnung der verwendeten Höhenpunkte.

Pflege von Nivelliergeräten

Nivelliergeräte sind anfällig gegen Schläge, Stürze, Nässe und große Hitze. Ein feuchtes Gerät sollte trocken gewischt und bei Zimmertemperatur unverpackt getrocknet werden. Auf keinen Fall darf es in feuchtem Zustand in der Transportkiste verschlossen werden da diese meist wasserdicht ist und die Feuchtigkeit hält. Im Zweifelsfall muss das Gerät auf Genauigkeit überprüft und justiert werden. Die Justierung geschieht durch Verstellen der Justierschrauben der Röhrenlibelle beim Libellennivellier bzw. durch Verschieben der Strickkreuzplatte beim Kompensatornivellier. Rot markierte Justierschrauben dürfen nicht verstellt werden.

Überprüfung des Nivelliergerätes:

Zur Überprüfung der 1. Hauptforderung gibt es mehrere Methoden. Beim *Nivellieren aus der Mitte* dürfen die Standpunkte der Messlatte nicht verändert werden (Abb. 7)

- Das Nivelliergerät wird bei **G1** (mittig zwischen A und B) aufgestellt.
- Die Strecken des Rückblicks (S_r) und des Vorblick (S_v) sollen jeweils etwa 30 m betragen.
- Mit dem Nivelliergerät werden die Werte **R1** und **V1** an der Messlatte abgelesen.
- Ein fehlerfreier Höhenunterschied kann berechnet werden durch $DH = R1 - V1$.
- Das Nivelliergerät wird in Position **G2** auf die kürzeste Zielweite von etwa 1 m (bedingt durch die Naheinstellgrenze des Fernrohres) vor die Messlatte auf Position **B** gestellt.

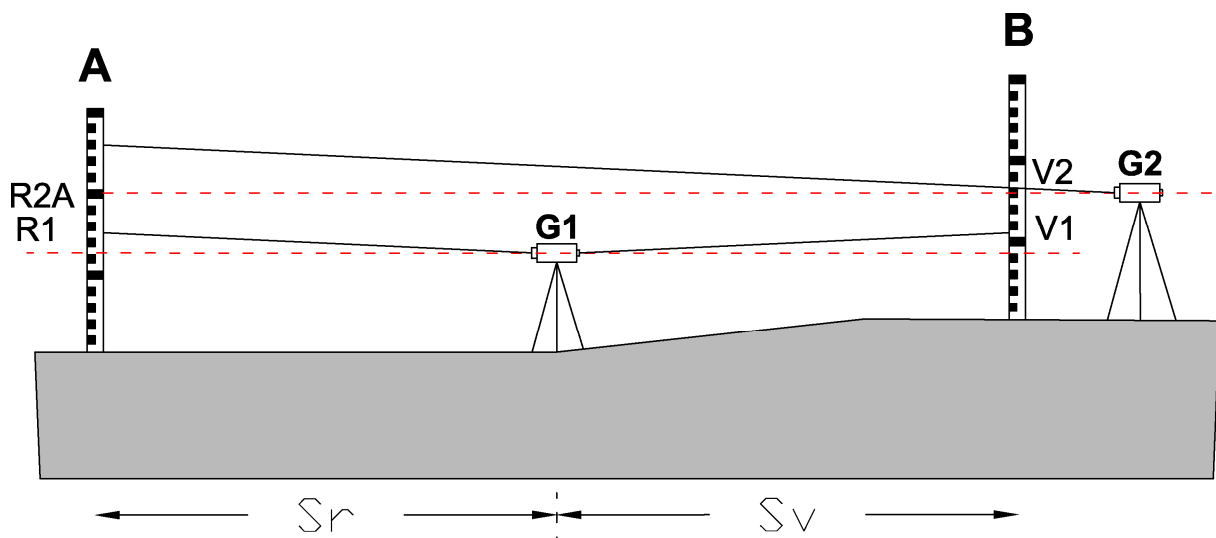


Abb. 7. Verfahren aus der Mitte zur Kontrolle des Zielachsenfehlers.

- Der Wert **V2** wird abgelesen und die Sollanzeige **R 2A** errechnet aus **R 2A= DH+V2**.
- Zeigt der Horizontalstrich des Strichkreuzes auf einen anderen Wert, so ist die Fernrohrstrichplatte mit Hilfe der Justierschrauben auf die errechnete Sollanzeige zu verschieben.
- Zur Kontrolle wird der Vorgang wiederholt.

8.6.2 Trigonometrische Höhenmessung

Unter der trigonometrischen Höhenmessung versteht man ein Verfahren zur Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen zwei Punkten. In diesem Falle erfolgt die Berechnung aus dem mit einem Theodolit gemessenen Höhenwinkel Alpha und der Horizontalentfernung S (vgl. Abb. 8). Der Höhenunterschied wird dann aus dem Vertikalwinkel α und der Entfernung zwischen Standpunkt A und Zielpunkt B nach der folgenden Formel berechnet:

$$\Delta h = s \cdot \tan \alpha \quad HB = HA + i + \Delta h - t$$

Δh : Höhenunterschied

α : Höhenwinkel

s: Horizontalstrecke

HA: Höhe Punkt A (Höhenpunkt mit bekannter Höhe)

HB: Höhe Punkt B (zu ermittelnder Höhenpunkt)

i: Instrumentenhöhe über bekanntem Punkt A

t: Zielpunkthöhe

8.6.3 Elektronische Verfahren zur Höhenbestimmung durch tachymetrische Messung und 3D-Laserscanning

Sowohl bei der Vermessung mit elektrooptischem Tachymeter, der sogenannten "Totalstation" als auch beim Laserscanning werden Messpunkte von einem Messstrahl abgetastet. Dies ermöglicht die Berechnung dreidimensionaler Werte mit XYZ-Koordinaten. In geeigneten Programmen für computerunterstützte Zeichnung - abgekürzt CAD - können solche Punkte dann dargestellt und weiter bearbeitet werden. Alle gemessenen Einzelpunkte bilden

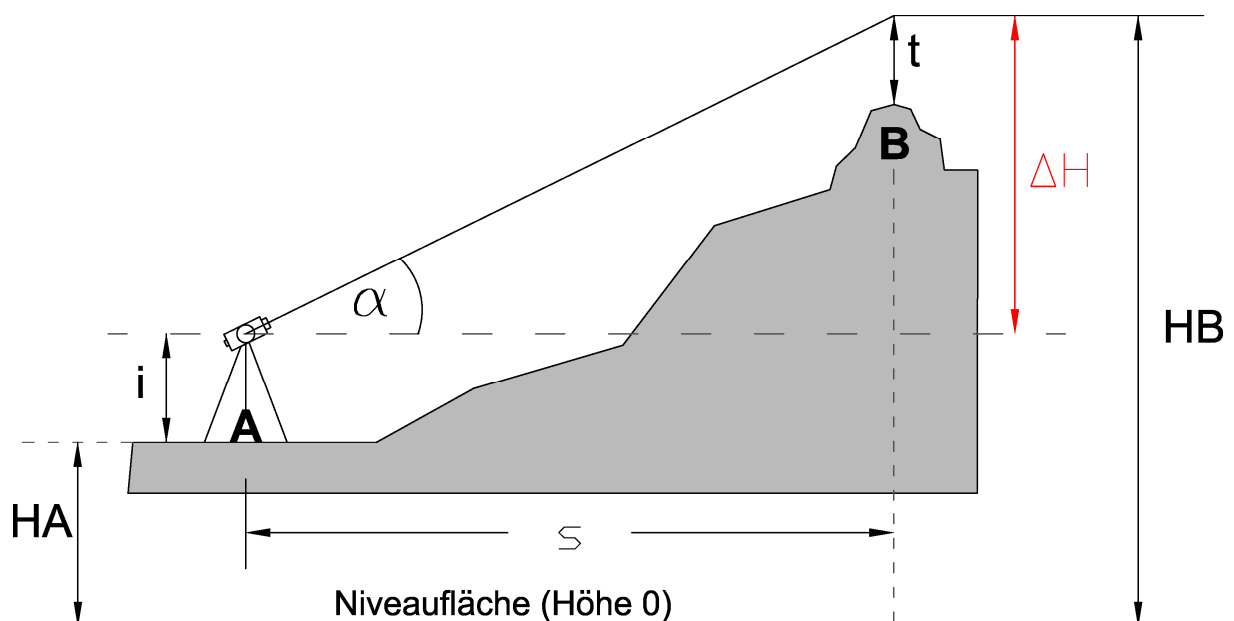


Abb. 8. Trigonometrische Höhenmessung.

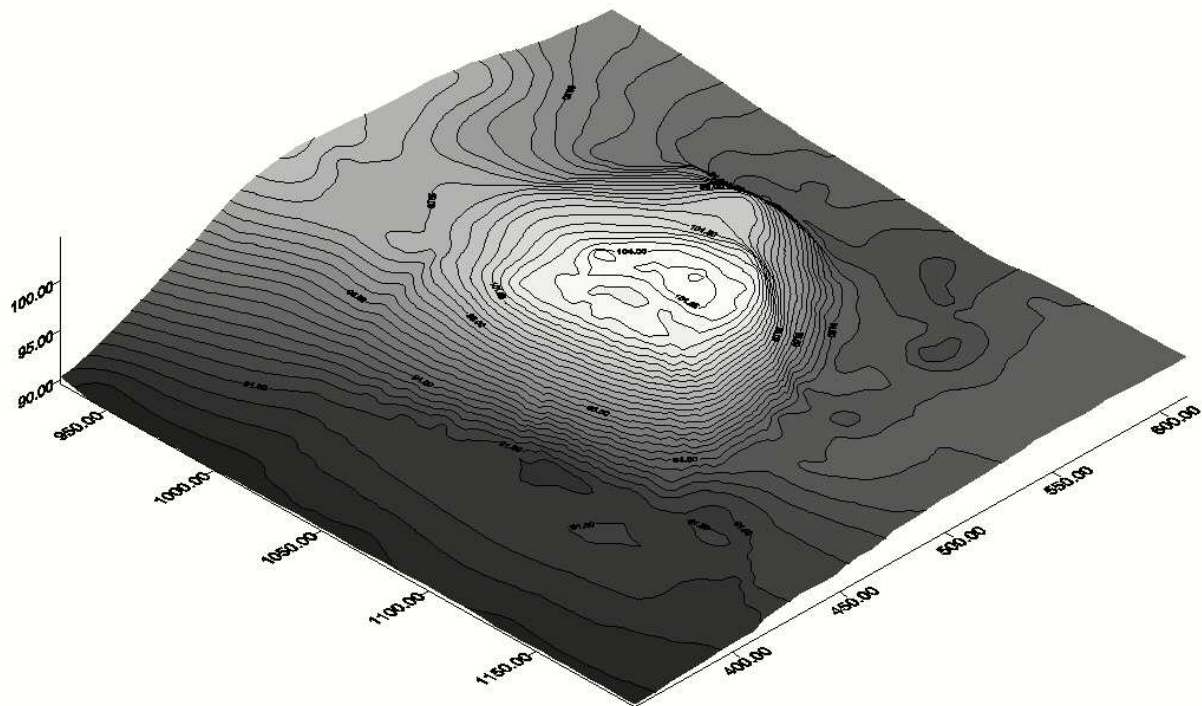


Abb. 9. Digitales Geländemodell mit Höhenlinien.

dabei eine Punktwolke, welche am Computer bis zum realistischen dreidimensionalen Höhenmodell aufgearbeitet werden kann. Bei der Messung mit einer Totalstation werden vom Vermesser bewusst einzelne zu messende Punkte ausgewählt. Die gesammelten Punkte lassen sich als Digitales Höhenmodell (DHM) oder Digitales Geländemodell (DGM) optisch darstellen (Abb. 9).

In CAD - Programmen können mehrere Höhenpunkte gleicher Höhe (Koten) mit Höhenlinien (Isohypsen) verbunden werden.. Wichtig ist, dass vorher 3D-Punkte oder 3D-Polylinien gemessen wurden, da 2D-Polylinien zwar die Koordinaten XY, aber keine Höhe Z aufweisen. Neben terrestrischen Laserscans gewinnen aus der Luft erstellte, sogenannte Airborne-Laserscans in der Archäologie an Bedeutung. Baum- und Grasbewuchs können aus den Daten herausgefiltert werden, so dass es möglich ist, nur die bodennahen Strukturen abzubilden.

Höhenbestimmung mit Hilfe von satellitengestützten Systemen (GNSS, GPS)

Mit den sogenannten "Globalen Navigationssatellitensystemen" (GNSS) können durch Messung mehrerer Satellitensignale auch von unzugänglichen Stellen 3D-Koordinaten bestimmt werden. Bis in die 1990er Jahre dienten das NAVSTAR-GPS der USA und dessen östlicher Gegenpol GLONASS vor allem militärischen Zwecken. Das zivile System GALILEO wurde hingegen durch die Zusammenarbeit von EU und ESA mit mehreren Partnerstaaten eingerichtet. Seit dem 1. Mai 2000 wurde die künstliche Signalverzerrung des amerikanischen Systems abgeschaltet. Seither besteht nun die Möglichkeit, Satellitendaten durch Differenzmessung einer Korrekturstation auf einem bekannten Punkt zu verbessern (DGPS) und dann mit Hilfe der Satellitenmessung Höhenwerte zentimetergenau zu bestimmen.

Kontrolle elektronisch ermittelter Höhenwerte

Auch elektronisch gemessene Höhenwerte müssen auf Fehler überprüft werden. Das bedeutet für Messungen mit elektrooptischem Tachymeter, dass vor, während und nach der Messung bekannte Kontrollpunkte gemessen und die jeweiligen Messwerte mit den Sollwerten verglichen werden müssen. Die häufigsten Fehlerquellen bei Messungen mit der Totalstation bestehen neben Flüchtigkeitsfehlern bei der Koordinateneingabe in der falschen Eingabe von Prismenhöhe und Prisentyp. Bei Messungen mit Laserscannern kann durch die sogenannte "Registrierung" von Passpunkten automatisch eine Kontrolle der Stationierung erfolgen.

Nach der elektronischen Erstellung eines Digitalen Höhenmodells (DHM) sollte unbedingt die abschließende Überprüfung des Modells vor Ort an Hand eines Ausdruckes erfolgen. Nur im Gelände können Differenzen zwischen Messung und Realität erkannt und durch Nachmessungen verbessert werden. Der archäologisch geschulte Blick ist auch beim Einsatz moderner Vermessungsmethoden nicht zu ersetzen, vor allem dann, wenn es darum geht, wichtige Bereiche einer archäologischen Struktur gezielt zu dokumentieren.

Literatur/Links:

Deumlich/Staiger 2002: F. Deumlich, R. Staiger, Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, Heidelberg 2002.

Fröhlich 1995: H. Fröhlich, Vermessungstechnische Handgriffe, Bonn 1995.

Petrahn 1999: G. Petrahn, Grundlagen der Vermessungstechnik, Berlin 1999.

Torge 2003: W. Torge, Geodäsie, Berlin 2003.

http://www.bkg.bund.de/nn_147352/DE/Bundesamt/Geodaesie/RefSys/RefHoehe/Hoehe02_node.html_nnn=true

Abbildungsnachweis:

Alle Abbildungen wurden vom Autor erstellt.

Autor

Matthias Rummer

Landesamt für Archäologie Sachsen

Zur Wetterwarte 7

D-01109 Dresden