

13.1 Vermessungsgeräte und ihre Anwendung

In diesem Kapitel werden die für die alltägliche Arbeit wichtigsten Vermessungsgeräte, ihre Anwendung sowie verschiedene Messmethoden vorgestellt.

Elektrotechnik und damit auch die elektronische Datenverarbeitung haben in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts auch in der Geodäsie Einzug gehalten. Diese modernen Technologien ermöglichen es, zum einen immer mehr Funktionen in einem einzigen Gerät zu vereinen, zum anderen die oft aufwändigen Berechnungen zu automatisieren. Eine gesteigerte Effizienz wie auch eine starke Vereinfachung des Messvorgangs sind die Folge. Tachymeter und 3D-Laserscanner sind heutzutage längst keine reinen Vermessungsgeräte mehr, mit deren Hilfe eine Grabung eingemessen und in ein übergeordnetes Lage- und Höhensystem eingebunden wird. Sie haben sich zu Dokumentationswerkzeugen entwickelt. Damit stehen sie auf einer Ebene mit der Fotografie oder der maßstäblichen Handzeichnung – und haben gerade letztere in manchen Bereichen bereits abgelöst.

Bei aller Bequemlichkeit, die die neuen Instrumente bieten, entbindet dies jedoch die für die Messungen verantwortlichen Personen nicht von der Verantwortung, die mathematischen und geodätischen Grundlagen zu beherrschen. Nur dann ist es ihm möglich, Fehlern vorzubeugen, sie zu erkennen und zu beheben.

Grundsätzlich handelt es sich bei Vermessungsgeräten um hoch präzise, mechanische oder elektronische Werkzeuge. Schalter, Hebel oder Klemmen dürfen auf keinen Fall mit Gewalt bewegt werden. Lassen sie sich nicht in die gewünschte Position bringen, liegt entweder ein Bedienungsfehler oder ein Defekt am Gerät vor. Moderne Geräte sind zwar in der Regel robust gebaut und gegen atmosphärische Einflüsse wie Staub und Feuchtigkeit recht gut geschützt (Einteilung in International Protection Classes (IP) nach EN 60529), mit Blick auf die meist hohen Anschaffungspreise sollten aber auch sie möglichst pfleglich behandelt werden. Dies bedeutet zunächst, die Geräte nur in den dafür vorgesehenen Behältnissen zu transportieren und besonders vor Erschütterungen, Feuchtigkeit oder Schmutz zu schützen. Ebenso sollte eine regelmäßige Wartung/Pflege sowie Prüfung auf Funktionstüchtigkeit wie Genauigkeit selbstverständlich sein. Einen Überblick für die Vorzüge der unterschiedlichen Geräte und Verfahren bietet die im Anhang dieses Aufsatzes befindliche Tabelle (vgl. S. 9).

13.1.1 Längenmessung

Die Länge beschreibt das Maß einer Strecke, also der kürzesten Verbindung zweier Punkte im Raum. Die in Deutschland verwendete Einheit ist Meter. Karten und Pläne stellen die Projektion der dreidimensionalen Wirklichkeit auf eine zweidimensionale Ebene dar. Zur Erstellung von Karten, Plänen und maßstäblichen Zeichnungen ist daher zwischen der Horizontal- und der Schrägdistanz zu unterscheiden. Aus der Vielzahl der unterschiedlichen Messmethoden sollen im Folgenden die für die grabungstechnische Praxis relevanten vorgestellt werden.

Abhängig von den verwendeten Hilfsmitteln können die verschiedenen Verfahren in drei Gruppen gegliedert werden:

- mechanische Längenmessung
- optische Längenmessung
- elektronische Längenmessung

13.1.1.1 Mechanische Längenmessung

Die mechanische Längenmessung erfolgt direkt mit Hilfe eines Längenmessgerätes, auf die fortlaufende metrische Maße aufgetragen sind.



Abb. 1. Metallband mit Beginn der Meßskala auf dem Band, unten: Kunststoffband mit Ansatz der Meßskala am Bandende.

Maßband

Das Maßband ist eines der häufigsten, zur Längenmessung verwendeten Hilfsmittel. Die in der Regel verwendeten Rollmaßbänder (DIN 6403) sind an einem mit einer Handkurbel versehenen Rahmen befestigt. Es gibt sie in Längen zwischen 10 m und 50 m.

Auf den Bändern ist die Messskala mit Meter-, Dezimeter- und Zentimeterunterteilung aufgetragen, die ersten 10 cm sind zudem in Millimeter unterteilt. Es stehen zwei Ausführungen zur Auswahl: Bei der einen setzt die Skala direkt am Bandende an. Diese Maßbänder sind daher besonders dann geeignet, wenn die Nullmarke an einer Wand oder Gebäudeecke angesetzt werden soll. Ist der Nullpunkt freistehend, so können Bänder, deren Skala etwa 10 cm vom Haltering entfernt beginnt hier genauer angehalten werden. Die Maßbänder können entweder aus Metall, das zum Korrosionsschutz mit Kunststoff ummantelt ist, oder glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen. Kunststoffbänder sind geringfügig ungenauer, weisen jedoch gegenüber den beschichteten Stahlbändern eine noch höhere Unempfindlichkeit gegen Verschmutzungen und Feuchtigkeit auf. Zudem können Sie bei geophysikalischen Prospektionen eingesetzt werden, da Stahlbänder die Messungen beeinflussen könnten. Wie auf Abbildung 1 erkennbar nutzt sich jedoch die aufgetragene Skala auf den Kunststoffbändern deutlich schneller ab. Die Maße sind hier nur aufgedruckt, während bei den Metallbändern die Skala zusätzlich eingeätzt wird. Am Ende eines Messtages sollten die Maßbänder mit einem Lappen gereinigt und abgetrocknet werden. Beim Aufrollen ist darauf zu achten, die Handkurbel nicht zu fest anzuziehen.

Zur Längenmessung mit dem Maßband werden zwei Personen benötigt. Im ebenen Gelände stellt sie keine Schwierigkeit dar. Person A hält die Nullmarke des Bandes an dem ersten Punkt der zu messenden Strecke an, Person B nimmt an dem zweiten Punkt das Maß ab. Ist die zu messende Distanz größer als die Länge des Maßbandes, so rollt B das Band ganz ab und markiert das Schlussmaß (je nach Bandlänge) mit einer Ringnadel. An dieser kann nun wieder der Nullpunkt des Maßbandes angesetzt werden, usw. Ist der Endpunkt der zu messenden Strecke erreicht, werden die einzelnen Messungen addiert. Dabei ist darauf zu achten, dass sämtliche Zwischenpunkte (Ringnadeln) in der Flucht zwischen den beiden Streckenpunkten liegen. Dazu empfiehlt es sich, die beiden Endpunkte der Strecke mit Fluchtstangen zu markieren. Nun kann A an der Nullmarke des Bandes B einfluchten.

Im unebenen Gelände gibt es zwei Methoden, um die Horizontalabstand zu erhalten. Die Staffelmessung (Abb. 2) ist von beiden die gebräuchlichere. Dazu wird der Nullpunkt des Maßbandes von A am höher gelegenen der beiden Endpunkte angehalten (möglichst immer „bergab“ messen!). B hält nun das Maßband bei einem glatten Wert (abhängig vom Gefälle, jedoch nie mehr als 10 m) so in die Höhe, dass das Maßband horizontal ausgerichtet ist. Dabei sollte das Maßband nicht höher als auf Augenhöhe gehalten werden müssen,

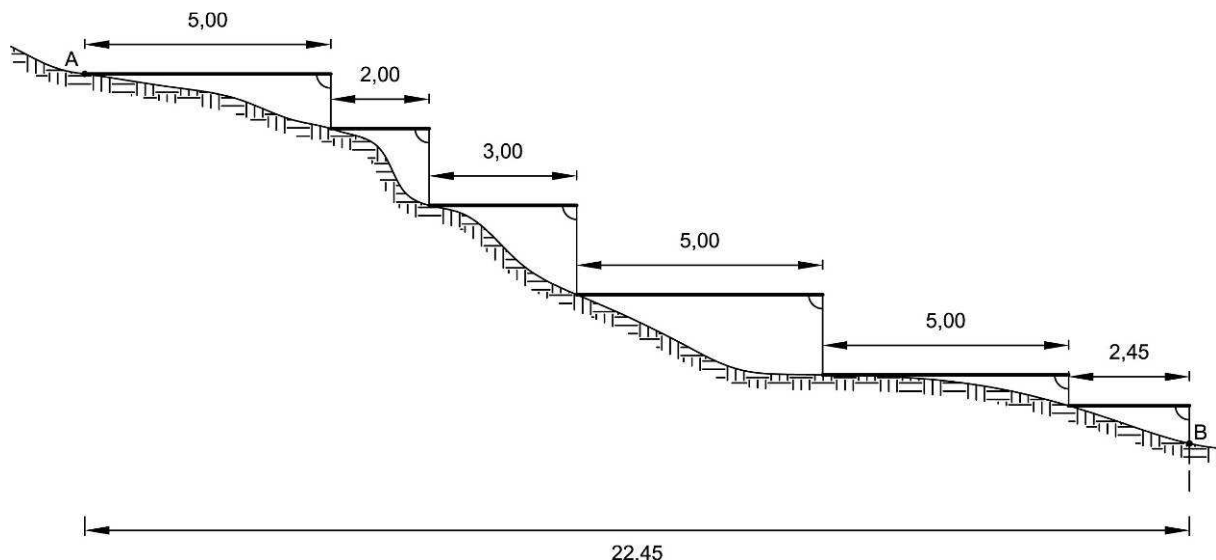


Abb. 2. Staffelmessung: Die Länge der einzelnen Teilstrecken variieren entsprechend dem Gefälle des Geländes.

gegebenenfalls sind kürzere Teilstrecken zu messen. Wie beim Messen im ebenen Gelände ist auch hier auf das Einhalten der Flucht zu achten.

Anschließend spannt B das Maßband und setzt den Punkt mit Hilfe eines Lotes oder einer Fluchtstange (Lattenrichter verwenden!) ab. Dieser wird dann je nach Untergrund zum Beispiel mit einer Ringnadel gesichert. Zur Kontrolle wird nun das Lot oder die Fluchtstange über dem abgesetzten Punkt postiert und das gespannte Maßband daran auf und ab bewegt. Die kleinste dabei abgelesene Länge ergibt die Horizontalabstand zwischen den beiden Punkten. Ähnlich der Messung im ebenen Gelände über mehrere Bandlängen setzt nun A das Maßband an dem abgesetzten Punkt an, B bewegt sich weiter auf den Endpunkt der zu messenden Strecke zu. Ist dieser erreicht, werden sämtliche Teilstrecken addiert. Anstatt der Addition der einzelnen Teilstrecken kann auch fortlaufend gemessen werden, indem A das Bandmaß anstatt mit dem Nullpunkt mit dem Maß der abgelesenen Teilstrecke an dem jeweiligen Zwischenpunkt neu ansetzt.

Bei der Schrägmessung (Abb. 3) wird das Maßband auf dem Boden gespannt und die Schrägdistanz s' abgenommen. Anschließend erfolgt die Bestimmung des Neigungswinkels α mit Hilfe eines Handgefällemessers. Dieser wird an einer auf dem Endpunkt der gemessenen Strecke aufgestellten Fluchtstange in einer definierten Höhe (z.B. 1,50 m) angehalten und die entsprechende Höhe an einer über den zweiten Streckenpunkt postierten Fluchtstange anvisiert. Zur Kontrolle erfolgt die Messung in beiden Richtungen, anschließend wird der Mittelwert bestimmt.

Mit Hilfe der Formel $s = s' \cdot \cos \alpha$ lässt sich dann die Horizontalabstand s berechnen.

Stahlmaßbänder dürfen bei ebener Auflage, einer Temperatur von 20°C und einer Zugbelastung von 100 N auf 10 m maximal +/- 1 mm abweichen. Erfahrungsgemäß ist auf einer Messstrecke von 100 m eine Genauigkeit von etwa 3 cm zu erreichen. Der Einfluss der Temperatur kann in der Regel vernachlässigt werden. Zu achten ist jedoch auf eine korrekte Zugspannung (etwa 50 N) um ein Durchhängen des Maßbandes zu verhindern. Auch ein unebener Untergrund kann zu teils erheblichen Messfehlern führen. Soll eine möglichst hohe Genauigkeit (im Millimeterbereich) erreicht werden, so empfiehlt sich neben der Beachtung der Temperatur die Verwendung eines Messspanners, mit dessen Hilfe sich die Zugspannung exakt dosieren lässt. Weitere Fehler können auftreten durch:

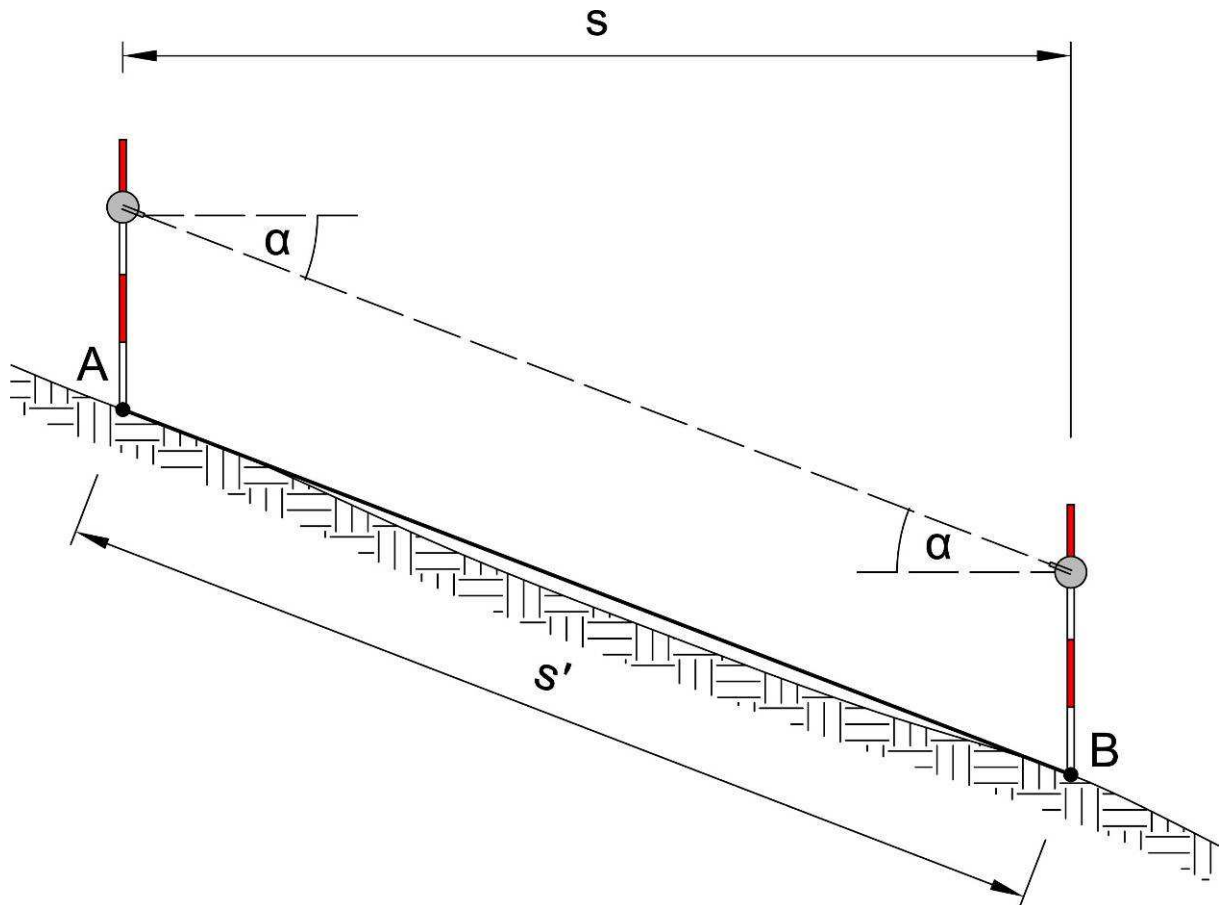


Abb. 3. Schrägmessung mit Maßband und Gefällemesser.

- unsauberes anlegen (Position der Nullmarke!)
- Ablesefehler
- Abweichen von der Flucht
- Abweichen von der Horizontalen
- Verdrehen des Maßbandes (das Band kann hierdurch knicken, was neben der Beschädigung auch zu Messfehlern führt)

Messlatte

Heute nur noch selten in Gebrauch sind die hölzernen Messlatten, die es in 3 m und 5 m Länge gibt. Sie weisen eine Meter- und Dezimereinteilung auf, Zentimeter müssen geschätzt werden. Gerade bei Staffelmessungen im besonders steilen Gelände stellen Messlatten eine Alternative zum Bandmaß dar, da sie nicht durchhängen. Dazu wird die Latte, die einen ovalen Querschnitt aufweist, hochkant gehalten. Der Ablauf einer Längenmessung mittels Messlatte erfolgt analog zum Bandmaß. Die hölzernen Latten sind trotz eines Schutzanstriches aus Öllack gegenüber Feuchtigkeit empfindlich und müssen dementsprechend gepflegt werden.

Messrad

Das Messrad wird besonders im Straßenbau zur schnellen Bestimmung größerer Längen genutzt. Ein Zählwerk registriert die Umdrehungen des Rades und setzt diese mit Hilfe des bekannten Radumfangs in die abgefahrte Strecke um. Das Messrad kann von einer einzelnen Person bedient werden, die Messung bleibt jedoch recht ungenau, da bereits das An- und Absetzen an Anfangs- und Endpunkt der zu messenden Strecke nicht millimetergenau und auch nur schwer zentimetergenau möglich ist.

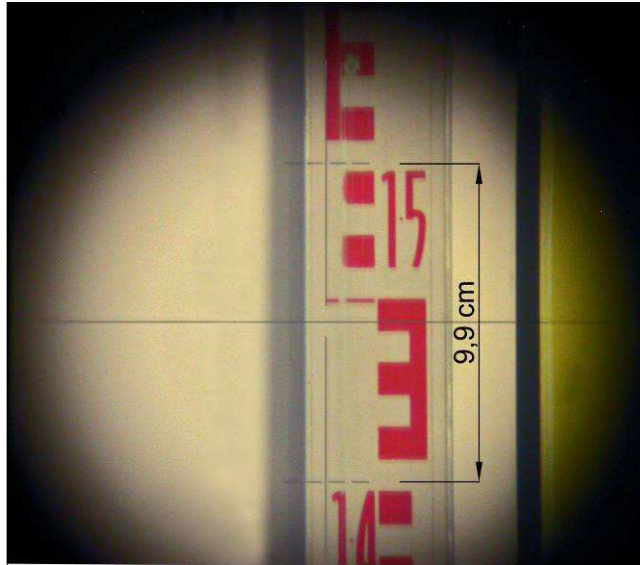


Abb. 4. Blick durch ein Nivellier. Die beiden kurzen Striche über und unter dem Zielkreuz sind die Distanzfäden, zwischen denen das Maß auf der Latte abgelesen wird.

13.1.1.2 Optische Längenmessung

Die beschriebenen mechanischen Messmethoden setzen voraus, dass die zu messende Strecke mehr oder weniger vollständig zugänglich ist. Ist dies nicht der Fall, können optische Verfahren zum Einsatz kommen, die lediglich eine freie Sichtachse zwischen den beiden Streckenpunkten benötigen. Typische optische Methoden zur Längenmessung wie die Messung mit Basislatte oder der Doppelbildentfernungsmesser finden im grabungstechnischen Alltag keine Anwendung und sollen daher hier nicht vorgestellt werden.

Distanzstriche

Nahezu alle Nivelliere und Theodoliten verfügen über eine Strichkreuzplatte, die neben dem Strichkreuz zum Anvisieren des Zielpunktes bei der Messung über zwei weitere Striche verfügt, die „Reichenbach’schen Distanzfäden“ (benannt nach dem Instrumentenbauer Georg von Reichenbach, 1771 - 1826). Es handelt sich dabei um zwei kurze, horizontale Striche über beziehungsweise unter der horizontalen Linien des Zielkreuzes (Abb. 4). Zur Messung wird der Theodolit oder das Nivellier über dem ersten Punkt der zu messenden Strecke postiert, auf dem zweiten eine Nivellierlatte mittels Lattenrichter senkrecht ausgerichtet. Anschließend erfolgt die Ablesung des Lattenabschnittes zwischen den beiden Distanzfäden, die Millimeter werden analog zum Nivellement geschätzt. Die Distanzfäden sind bei den meisten Geräten so angebracht, dass der abgelesene Wert mit 100 multipliziert die Entfernung zur Latte ergibt (bitte die Bedienungsanleitung des jeweiligen Gerätes beachten!). Die zu Grunde gelegte mathematische Formel basiert auf dem Strahlensatz. Sie kann jedoch nur im Fall einer horizontalen Visur angewandt werden, die bei der Verwendung eines Nivelliers automatisch gegeben ist. Soll ein Theodolit verwendet werden, muss der Vertikalwinkel auf 100 beziehungsweise 300 gon eingestellt werden.

Im unebenen Gelände ist es jedoch nicht immer möglich, die Nivellierlatte horizontal anzuvisieren. In einem solchen Fall (Abb. 5) wird am Theodoliten der Vertikalwinkel α abgelesen. Aus diesem, dem Faktor k (in der Regel gleich 100) und dem abgelesenen Lattenabschnitt l wird die Horizontalentfernung dann nach folgender Formel errechnet:

$$s = k * l * \sin^2 \alpha$$

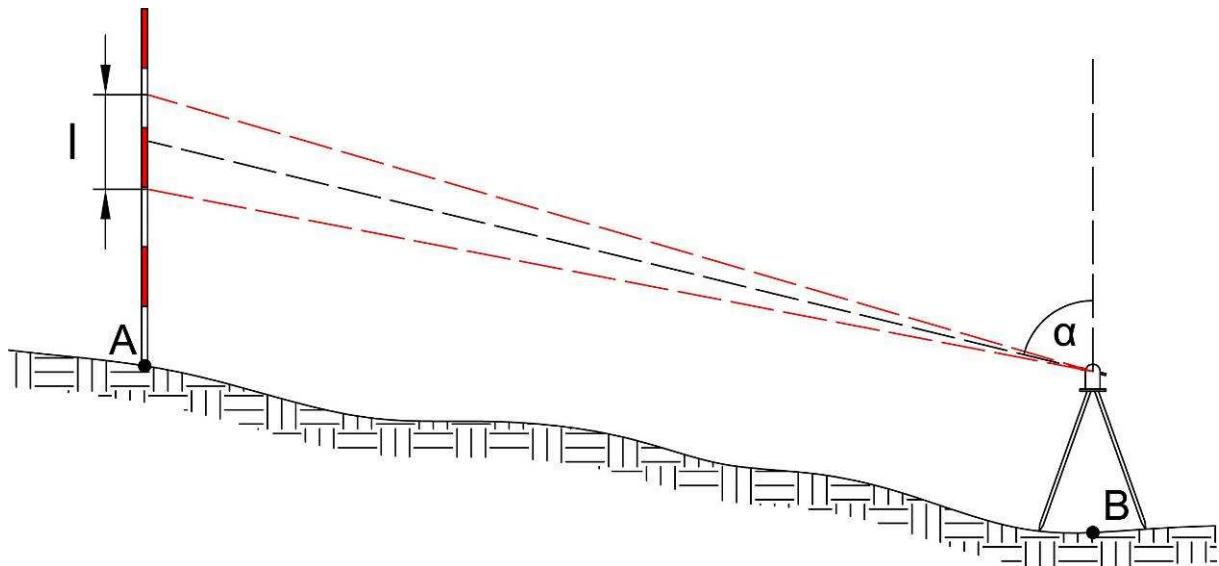


Abb. 5. Schrägmessung mit dem Theodoliten.

Aus dem Multiplikator $k = 100$ und der maximalen Ablesegenauigkeit an der Nivellierlatte von 1 mm ergibt sich für diese Art der Distanzmessung eine maximale Genauigkeit von:

$$1 \text{ mm} * 100 = 100 \text{ mm} = 10 \text{ cm}$$

Ebenfalls Einfluss auf die Genauigkeit hat die so genannte bodennahe Refraktion, die Lichtbrechung aufgrund von Unterschieden in Luftdruck und -temperatur. Besonders an Tagen mit starker Sonneneinstrahlung (Luftflimmern) kann der Fehler ein Vielfaches der durch die Ablesegenauigkeit bedingten Abweichung ausmachen. Als vermeidbare Fehlerfaktoren sind Ungenauigkeiten beim Instrumentenaufbau und der Ausrichtung der Nivellierlatte zu beachten.

13.1.1.3 Elektronische Längenmessung

Die elektronische Längenmessung (auch Elektronische Distanzmessung, EDM) basiert auf der Laufzeitmessung eines, von einem Sender ausgestrahlten, definierten Signals (sich mit konstanter Geschwindigkeit fortpflanzende Welle), welches vom zweiten Punkt der Messstrecke aus zum Sender zurück reflektiert wird und dort wieder Empfangen werden kann. Hier kommen zwei Verfahren zum Einsatz: Das Impulsverfahren und das Phasenvergleichsverfahren. In modernen Tachymetern sind normalerweise beide Messmethoden eingebaut, so dass je nach Bedarf der geeignete Modus gewählt werden kann. Das Impulsverfahren findet zudem Anwendung in Laserdistanzmessern, die als Handgeräte erhältlich sind.

Impulsverfahren

Beim Impulsverfahren wird ein kurzes Signal (Impuls) vom Sender auf dem ersten Punkt der zu messenden Strecke emittiert und von einem Reflektor auf dem zweiten Streckenpunkt zum Sender zurückgeleitet (Abb. 6). Der Sender verfügt über einen Empfänger, der das Signal dann registriert. Die Streckenlänge s errechnet sich somit vereinfacht aus der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle v und der hoch genau gemessenen Laufzeit t :

$$s = \frac{v * t}{2}$$

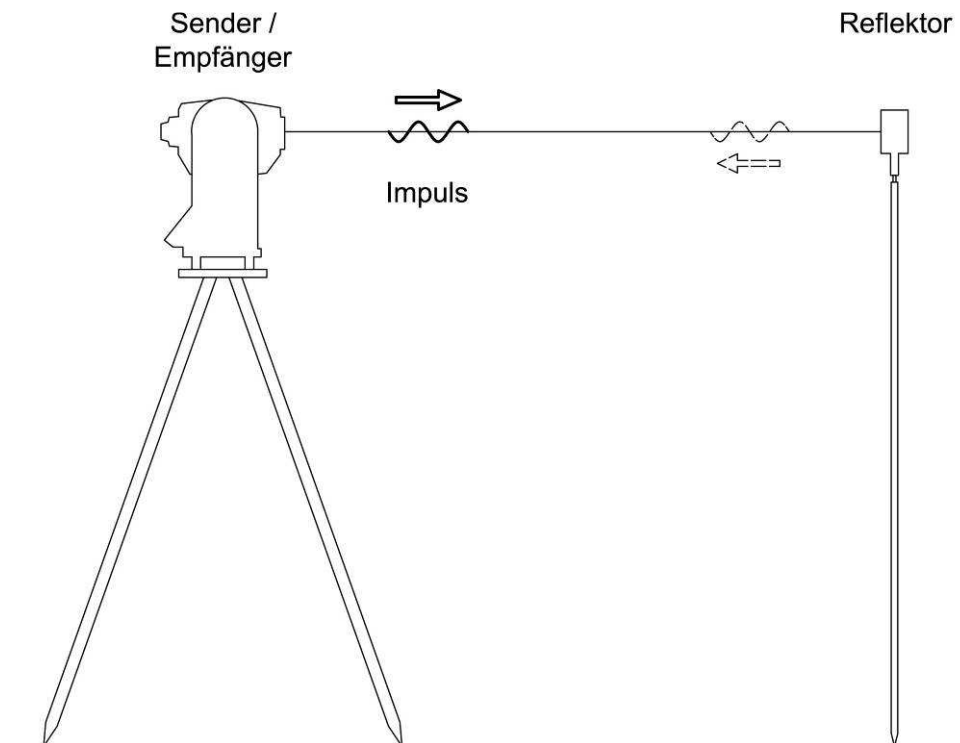


Abb. 6. Prinzip des Impulsverfahrens mit Reflektor.

Zur Steigerung der Genauigkeit werden während eines einzelnen Messvorgangs automatisch mehrere Messungen hintereinander durchgeführt und die Ergebnisse gemittelt. Dabei können auch fehlerhafte Einzelmessungen, deren Ergebnis signifikant von den bei den anderen Messungen ermittelten Distanzen abweichen, erkannt und ausgesondert werden. Wird für den Impuls ein hoch intensives Laserlicht verwendet, kann auf den Reflektor verzichtet werden. Dies ermöglicht das direkte, „reflektorlose“ Anmessen eines Objektes. In diesem Messmodus sollte dann auch auf die Verwendung eines Reflektors verzichtet werden (Ausnahme: Reflektorfolien).

Die reflektorlose Messung ermöglicht somit die Längenmessung auch zu nicht zugänglichen Zielpunkten und macht beim Messen von Wand -oder Eckpunkten die Angabe eines Exzentrizitätsfaktors überflüssig. Zudem wird für die Messung nur noch eine Person benötigt. Sie bringt jedoch auch einige Probleme mit sich. Kreuzen während dem Messvorgang Personen, Tiere oder Gegenstände den Messstrahl, so wird dieser reflektiert, ohne das eigentliche Ziel erreicht zu haben. Dies führt folglich zu einem „falschen“ Messergebnis. Ist eine solche Störung des Messvorgangs meistrecht offensichtlich und kann direkt erkannt werden, so stellen dünne Äste, Blätter und Bauzaunfelder eine weitaus größere Gefahr dar. Durch die Fokussierung des Zielfernrohrs auf den Zielpunkt erscheinen diese Hindernisse nur noch verschwommen oder können beim Blick durch das Gerät teils gar nicht mehr wahrgenommen werden! Solche Hindernisse müssen also bereits vor dem Anvisieren des Zielpunktes erkannt und beseitigt werden. Bei der Verwendung der reflektorlosen Messung mittels Laserlicht sind zudem besondere Hinweise bezüglich des Arbeitsschutzes zu beachten:

- Das Laserlicht sollte nicht direkt auf die Augen von Mitarbeitern oder Passanten gerichtet werden.
- Das Laserlicht darf nicht auf die Augen von Personen gerichtet werden, die eine Sehhilfe tragen oder sonstige optische Instrumente (Tachymeter, Nivellier, Fernglas, SLR-Kamera) benutzen!
- Bereits kurze Expositionszeiten können zu Schädigungen des Auges führen!

Phasenvergleichsverfahren

Die zweite Messmethode, das Phasenvergleichsverfahren stellt sich im Vergleich zum Impulsverfahren als etwas komplizierter da. Einer ausgesendeten Trägerwelle wird ein weiteres Signal aufgeprägt, sie wird moduliert. Erreicht das die Trägerwelle nach der Reflexion am Zielpunkt wieder das Messgerät, so tut sie dies in der Regel nicht mit einem vollen Intervall des aufmodulierten Signals. Aus der Anzahl der vollständigen Intervalle zuzüglich der „Restlänge“ des unvollständigen Intervalls kann die gesamte zurückgelegte Strecke als das zweifach der Entfernung zum Zielpunkt berechnet werden. Problematisch dabei ist jedoch die Bestimmung der Anzahl der vollen Intervalle. Daher werden der Trägerwelle gleich mehrere Signale unterschiedlicher Wellenlänge aufmoduliert, deren Phasenverschiebung einzeln bestimmt und zu einem Messergebnis kombiniert wird. Über ein Signal mit einer großen Wellenlänge, welches die Messstrecke nicht in einem vollen Intervall durchlaufen kann, erfolgt die Grobmessung, die dann durch Signale mit kürzeren Wellenlängen und entsprechend höheren Genauigkeiten verfeinert wird. Zur Steigerung der Genauigkeit werden die aufmodulierten Signale vor dem Absenden „getriggert“, das heißt, die sinusförmigen Wellen in rechteckige Impulse umgewandelt.

Die für das Phasenvergleichsverfahren verwendeten Signale liegen im Infrarotbereich. Das ausgesendete Messsignal wird dabei nicht von jedem beliebigen Objekt zurückgeworfen (Ausnahme bilden stark spiegelnde Oberflächen, die dann zu einem verfälschten Messergebnis führen!), so dass die Verwendung eines Reflektors notwendig wird. Kurzzeitige Störungen durch den Messstrahl kreuzende Personen, Tiere oder Gegenstände beeinträchtigen die Messung nicht. Bei der Verwendung eines Reflektors ist jedoch auf die Eingabe der jeweils aktuellen Reflektorkonstante am Gerät zu achten.

Bei beiden Verfahren wird die Schrägdistanz zum Zielpunkt ermittelt. Durch gleichzeitige Erfassung des Vertikalwinkels errechnet die Software des Tachymeters daraus die Horizontaldistanz.

Die Messgenauigkeit beider Verfahren ist in etwa gleich und liegt, bei aktuellen Geräten etwa zwischen 1,5 mm + 2 ppm und 3 mm + 3 ppm. Atmosphärische Faktoren wie Temperatur und Luftdruck beeinflussen die Ausbreitung des Messsignals und müssen daher am Gerät berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist natürlich auch hierbei auf ein fachgerechtes Aufstellen des Tachymeters zu achten. Der Reflektor ist immer zum Gerät hin auszurichten und kann mit Hilfe einer am Reflektorstab montierten Dosenlibelle senkrecht über dem zu messenden Punkt positioniert werden.

Literatur

Hans Fröhlich; Vermessungstechnische Handgriffe, Troisdorf, 1999

Alfred Hagebusch, Michael Gärtner; Fachkunde für Vermessungstechniker, Köln,

Fritz Deumlich, Rudolf Staiger; Instrumentenkunde der Vermessungstechnik; Heidelberg 2002

Günther Petrahn; Grundlagen der Vermessungstechnik; Berlin 2003

Autor

Christof Schubert

Landesamt für Archäologie

Zur Wetterwarte 7

01109 Dresden

Christof.Schubert@lfa.sachsen.de

Anhang:

Gerät	Verfahren	Benötigte s Personal	Erreichbare Genauigkeit auf 100 m Messstrecke	Vorteile	Nachteile
Rollmaßband	Messung am Boden	2	3 cm	einfache Handhabung	nur im ebenen Gelände anwendbar
	Staffelmessung	2	3 cm	Messung auch im unebenen Gelände möglich	viele Fehlerfaktoren zu beachten
	Schrägmessung	2	3 cm		zusätzliche Neigungsmessung notwendig
Messlatte	Messung am Boden	2	3 cm	wie Rollmaßband	wie Rollmaßband
	Staffelmessung	2	3 cm	wie Rollmaßband, jedoch weniger fehleranfällig	
	Schrägmessung	2	3 cm	wie Rollmaßband	wie Rollmaßband
Messrad	Messung am Boden	1	10 - 20 cm	einfache Handhabung	sehr ungenau, unebener Boden führt zu Messfehlern, Einhaltung der Flucht ohne Markierung schwierig
Nivellier/ Theodolit	Reichenbach'sche Distanzfäden	2	10 - 20 cm	Messstrecke muss nicht vollständig zugänglich sein, Sichtverbindung genügt, einfache Handhabung	relativ ungenau
Tachymeter	Impulsverfahren	1	3-5 mm	schnelle Messung, hohe Genauigkeit mit Lage-messung kombinierbar, kein Reflektor notwendig, berührungslose Messung möglich	Unterbrechung des Meßstrahls führt zu Fehlmessungen, besondere Arbeitsschutzmaßnahmen sind zu beachten
	Phasenvergleichs-verfahren	2	3-5 mm	schnelle Messung, hohe Genauigkeit mit Lage-messung kombinierbar, Unterbrechung des Meßstrahls führt nicht zu falschen Ergebnissen, maximal zum Abbruch der Messung	Reflektor notwendig
Handlaser	Impulsverfahren	1	3-5 mm	schnelle Messung, hohe Genauigkeit, kein Reflektor notwendig	Unterbrechung des Meßstrahls führt zu Fehlmessungen, Reichweite liegt meist bei maximal 200 m, besondere Arbeitsschutzmaßnahmen sind zu beachten

Tabelle 1. Vermessungsgeräte und ihre Eigenschaften