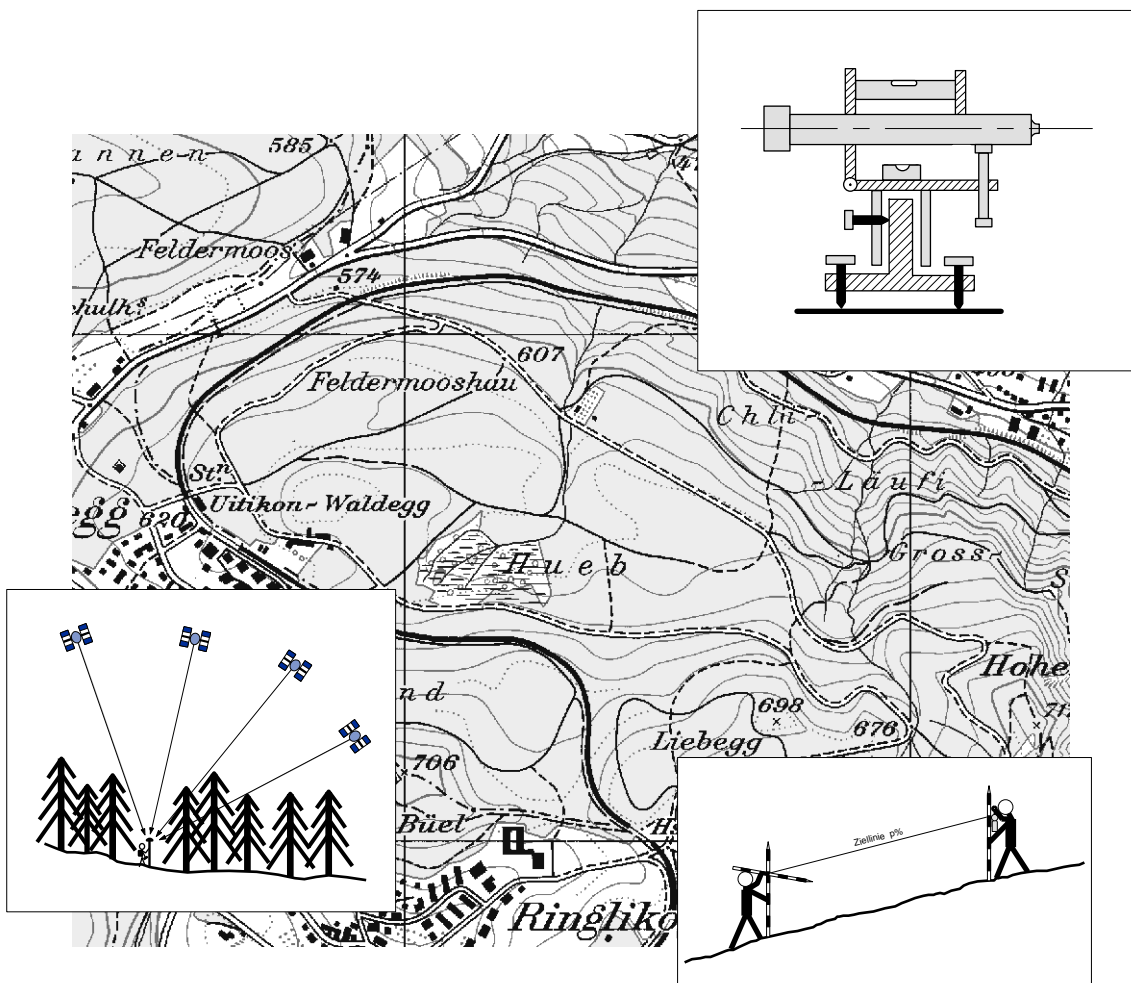


Dr. E. Burlet

Vermessung



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Allgemeine Grundlagen

- 2.1 Erdmessung
- 2.2 Kartennetzentwürfe
- 2.3 Geodätische Koordinatensysteme
- 2.4 Schweizerisches Vermessungswesen
- 2.5 Kartennetzentwurf und Koordinatensystem der schweizerischen Landesvermessung
- 2.6 Triangulationsnetz
- 2.7 Polygonzug
- 2.8 Masseinheiten
- 2.9 Rechnen mit ebenen Koordinaten
- 2.10 Berechnung von Polygonzügen
- 2.11 Flächenberechnung

3. Vermessungsmaterial

- 3.1 Material zur Punktversicherung
- 3.2 Instrumente für die Längenmessung
- 3.3 Instrumente für die Neigungsmessung und die Höhenbestimmung
- 3.4 Instrumente für die Richtungs- bzw. die Winkelmessung
- 3.5 Instrumente für die 2D- bzw. 3D-Positionsbestimmung

4. Vermessungsmethoden

- 4.1 Genauigkeitsanforderungen
- 4.2 Richtungs- und Winkelmessung
- 4.3 Längenmessung
- 4.4 Höhenbestimmung
- 4.5 2D- bzw. 3D-Positionsbestimmung

5. Absteckungs- und Aufnahmeverfahren

- 5.1 Absteckung von Geraden
- 5.2 Absteckung von rechten Winkeln
- 5.3 Absteckung von Linien mit vorgegebener Neigung
- 5.4 Absteckung und Aufnahme von Seillinien
- 5.5 Aufnahme von Polygonzügen
- 5.6 Verfahren der Lageaufnahme
- 5.7 Längenprofil- und Querprofilaufnahme

Literaturverzeichnis

1. Einleitung

Geodäsie

Definition: Die Geodäsie oder Vermessungskunde ist die Wissenschaft von der Ausmessung der Erdoberfläche und ihrer Darstellung in Karten, Plänen und Verzeichnissen (Witte 1989).

Gegenstand der Vorlesung: Terrestrische Vermessung
(Die Fernerkundung ist nicht Gegenstand dieser Vorlesung)

Gliederung und Arbeitsgebiete der Geodäsie

Erdmessung:

Bestimmung der Form und Grösse der Erde sowie des äusseren Gravitationsfeldes in einem zeitabhängigen Raum mit dem Ziel der Schaffung eines für die gesamte Erde gültigen Bezugssystems für Lage, Höhe und Gravitation.

Landesvermessung:

Bestimmung der Lage und Höhe von Festpunkten zur Erfassung der Oberfläche eines Landes sowie Erstellung und Nachführung topographischer Karten.

Grundbuchvermessung (Detailvermessung):

Bestimmung der Lage, der Grenzen, des Ausmasses und der Nutzungsart von Grundstücken zur Erstellung und Nachführung von Plänen und Verzeichnissen über die Eigentumsverhältnisse an Grund und Boden.

Topographische Vermessung (Detailvermessung):

Erfassung der Geländeausformung und der auf dem Gelände befindenden Objekte (Gewässer, Wege, Gebäude, Bodenbewachsung u.a.) für die kartographische Darstellung.

Ingenieurvermessung (Detailvermessung):

Vermessungsarbeiten bei der Absteckung, Aufnahme, Errichtung und Ueberwachung von Bauwerken sowie bei der Geländeüberwachung.

Vermessung im Forstwesen

Topographische Vermessung:

Erstellung von Bestandeskarten, waldbauliche Planungskarten, Vegetationskarten Bestockungszieltypenkarten u.a. ; Aufnahme von Schlagflächen, Probeflächen, Rutschflächen, Biotopen, Natur- und Kulturobjekte u.a.

Ingenieurvermessung:

Absteckungs- und Aufnahmearbeiten bei der Projektierung von Erschliessungsnetzen, Strassen, Entwässerungsanlagen, Lawinenverbauungen, Rutschsanierungen, Seilkranlinien und Wildbachverbauungen.

Vermessungstechnische Aufgaben der Detailvermessung

Generell umfasst die Detailvermessung folgende vermessungstechnische Aufgaben:

- Winkelmessungen
- Distanzmessungen
- Höhenmessungen
- Koordinatenmessungen

Ziele der Lehrveranstaltung

Theoretische und praktische Grundlagen der Vermessungskunde kennen, insbesondere:

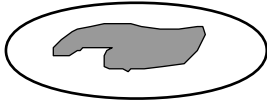
- Kartennetzentwürfe (Projektionssysteme) für die Abbildung der Erdoberfläche auf einer Karte überblicken;
- geodätische und ebene Koordinatensysteme kennen und die vermessungstechnische ebene Koordinatenberechnung beherrschen;
- Vermessungsgeräte kennen und fähig sein, mit den gebräuchlichsten Instrumenten vermessungstechnische Arbeiten auf dem Gebiet der Detailvermessung selbständig durchzuführen;
- einfache Vermessungsmethoden der Detailvermessung beherrschen und in der Lage sein, die geeignete Methode zu wählen, durchzuführen und auszuwerten;
- fähig sein, Vermessungsarbeiten von unterstelltem Personal zu beurteilen;
- fähig sein, zugeteilte Vermessungsfachleute richtig einzusetzen, Aufträge zu erteilen und Resultate zu beurteilen.

2. Allgemeine Grundlagen

2.1 Erdmessung (höhere oder physikalische Geodäsie)

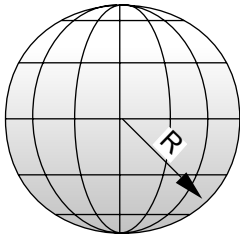
Gestalt der Erde

Ebene



Zur Zeit von **Homer** (ca. 850 v. Chr.) wurde angenommen, dass die Erde eine kreisrunde Scheibe ist, auf welcher das inselförmige Festland vom Ozean umflossen wird.

Kugel

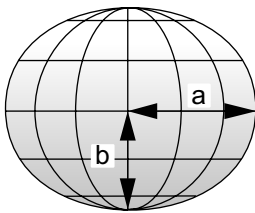


$R = 6370 \text{ km}$

Aristoteles (384 - 322 v. Chr.) hat sich, beeinflusst durch die Ueberlieferungen von den grossen Seefahrten der Phönizer, eingehend mit der Erdgestalt befasst und ist als erster zum Schluss gekommen, dass die Form der Erde eine Kugel sein muss.

Eratosthenes (275 - 194 v. Chr.) führte die erste Erdmessung zur Bestimmung des Radius der Erde durch (Erdradius gemäss der Berechnung von Eratosthenes $R = 7360 \text{ km}$)

Ellipsoid

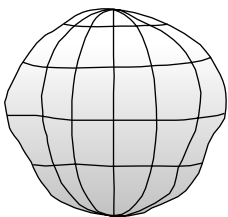


$a = 6380 \text{ km}$
 $b = 6360 \text{ km}$

Newton (1642 - 1727) hat aufgrund seiner Gravitationstheorie darauf geschlossen, dass die Form der Erde ein Ellipsoid ist. Er hat folgende Ueberlegungen gemacht (Bauer 1994):

Die Massenteilchen der Erde ziehen sich überall mit der gleichen Kraft gegenseitig an, sie müssten somit grundsätzlich eine Kugel formen. Da sich aber die Erde um ihre Achse dreht, streben die Erdteilchen infolge der Fliehkraft von der Achse weg. Am Aequator kommt es deshalb zu einer Aufwölbung und an den Polen zu einer Abplattung.

Geoid

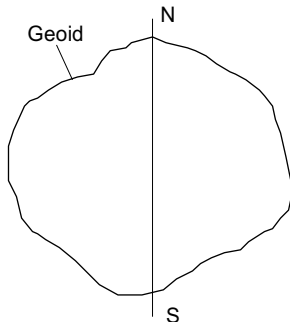


Infolge von Abweichungen zwischen geodätischen Messungen und ellipsoidischer Theorie wurde am Anfang des 19. Jahrhunderts von **Gauss** (1777 - 1855) für die Figur der Erde das Geoid festgelegt.

Das Geoid ist, bezogen auf die ruhende Meeresoberfläche, die Niveaufäche des Schwerfeldes der Erde, auf der das Lot in allen Punkten senkrecht steht. Wegen der unterschiedlichen Massendichte der Erde stellt das Geoid keine regelmässige Figur dar und kann deshalb nicht mit einer mathematischen Formel umschrieben werden.

Referenzflächen für geodätische Messungen

Geoid

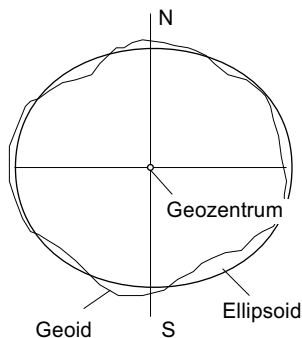


Das Geoid als unregelmäßige Fläche ist mathematisch schwer erfassbar und ist deshalb als Referenzfläche für Lagemessungen nicht geeignet. Es wird jedoch als Referenzfläche für Höhenmessungen in der Landesvermessung verwendet.

Bei Lagemessungen wird das Geoid durch eine angenäherte geometrische Referenzfläche ersetzt. Die Ersatzfläche kann je nach Ausdehnung des darzustellenden Gebietes ein Ellipsoid, eine Kugel oder eine Ebene sein.

Schweiz: EGM 96 (Earth Gravity Model 96)

Ellipsoid

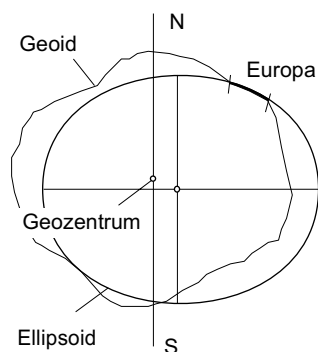


Mittleres Erdellipsoid

Das mittlere Erdellipsoid mit geozentrischem Mittelpunkt und identischer Rotationsachse wie die Erdachse dient als Ersatzfläche für das gesamte Geoid. Es wird insbesondere bei globalen geodätischen Messungen als Referenzfläche benutzt. In den nationalen Landesvermessungen wird es jedoch in der Regel nicht verwendet.

Mittlere Erdellipsoide: - IUGG 1967
- IUGG 1980

IUGG: Internationale Union für Geodäsie und Geophysik



Lokal bestanschliessendes Ellipsoid

Lokal bestanschliessende Ellipsoide mit nicht geozentrischem Mittelpunkt und mit parallel zur Erdachse verlaufender Rotationsachse eignen sich als Referenzfläche nur für Ausschnitte der Geoidoberfläche. Die Referenzflächen der meisten nationalen Landesvermessungen sind solche lokal bestanschliessende Ellipsoide.

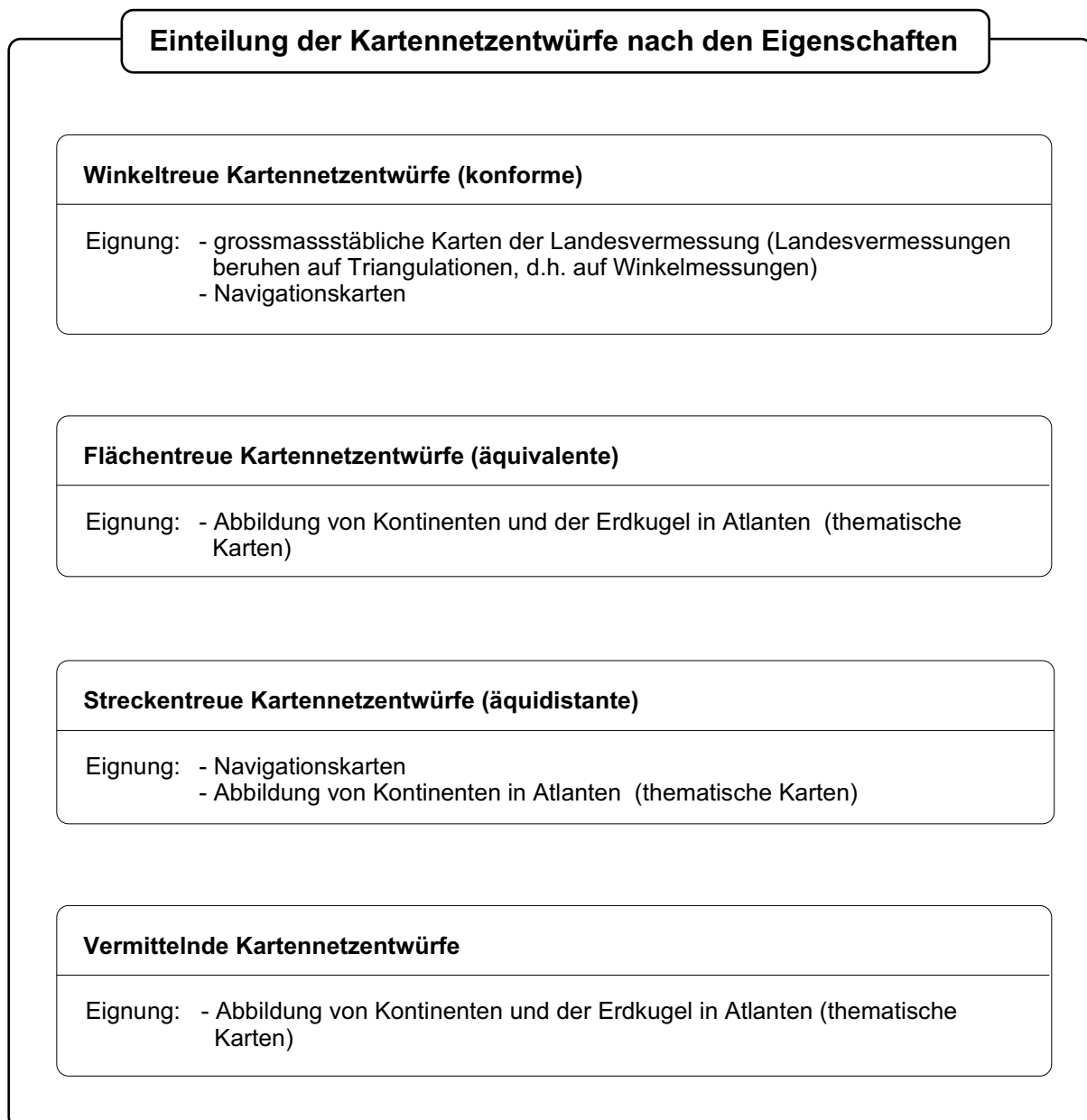
Lokal bestanschliessende Ellipsoide:
- Bessel 41
- Clarke 66
u.a.

Kugel: Die Kugel eignet sich als Referenzfläche für Länder mit einer Ausdehnung von maximal 200 km.

Ebene: Die Ebene als einfachste Referenzfläche kann mit hinreichender Genauigkeit für Messgebiete mit einer Ausdehnung bis ca. 10 km benutzt werden. Bei der Detailvermessung wird somit meistens die Ebene als Bezugsfläche verwendet.

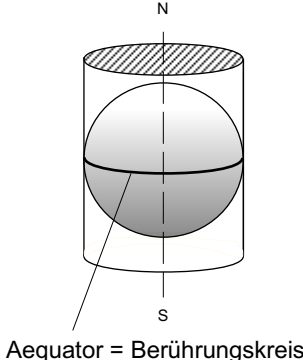
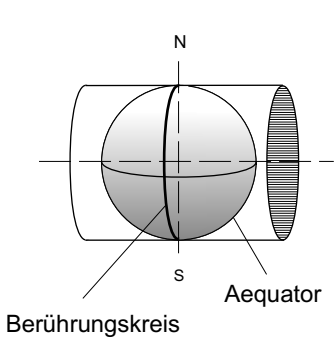
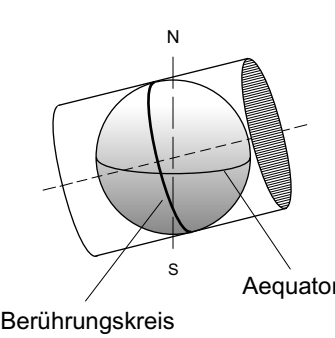
2.2 Kartennetzentwürfe (Projektionssysteme)

Unter dem Begriff Kartennetzentwurf wird die Abbildung der Oberfläche der Erde nach mathematischen Gesetzen in eine Ebene verstanden. Dafür ist es notwendig das Geoid durch eine mathematisch-geometrische Referenzfläche zu ersetzen (Absch. 2.1). Für Kartenmassstäbe bis 1 : 200'000 wird der Ellipsoid und für kleinere Massstäbe die Kugel verwendet. Bei der Abbildung der Erdoberfläche in der Ebene treten immer Verzerrungen auf. Das Ausmass dieser Verzerrungen hängt von der Grösse und der Form des abzubildenden Gebietes ab. Es treten insbesondere Strecken-, Winkel- und Flächenverzerrungen auf. Durch die Wahl des entsprechenden Kartennetzentwurfs besteht die Möglichkeit, die eine oder die andere Verzerrungsart einzuschränken. Das Eindämmen einer Verzerrungsart geht jedoch immer auf Kosten der anderen Verzerrungen.

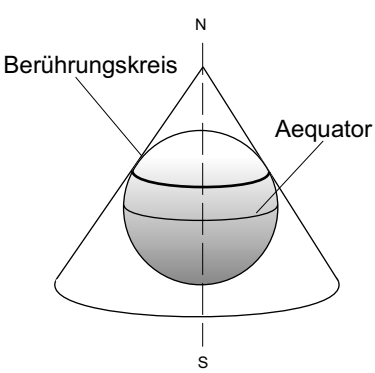
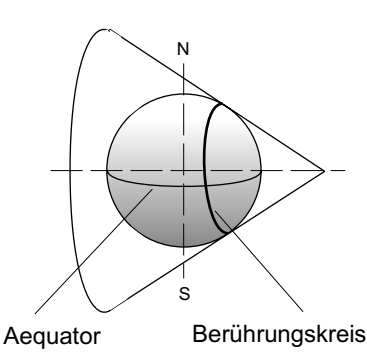
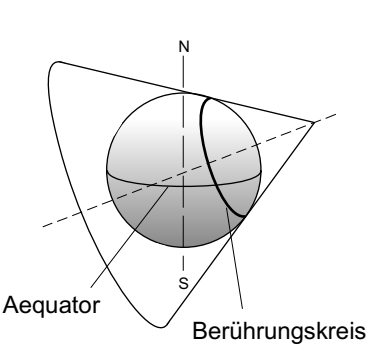


Einteilung der Kartennetzentwürfe nach der Abbildungsfläche

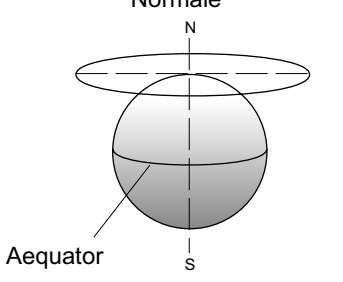
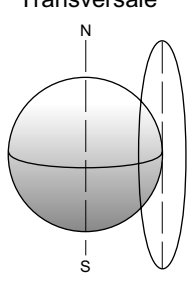
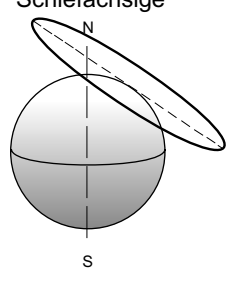
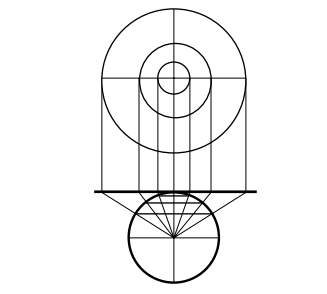
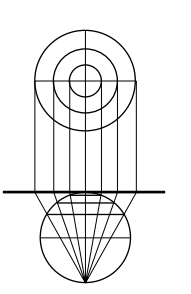
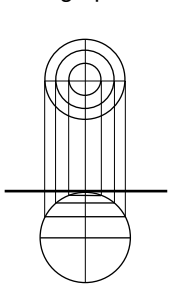
Zylindrische Netzentwürfe (Zylinderprojektionen)

<p>Normale (Mercatorprojektion ca. 1570)</p>  <p>Aequator = Berührungskreis</p>	<p>Transversale (Transversale Mercatorprojektion)</p>  <p>Berührungskreis Aequator</p>	<p>Schiefachsige</p>  <p>Berührungskreis Aequator</p>
--	---	--

Konische Netzentwürfe (Kegelprojektionen)

<p>Normale</p>  <p>Berührungskreis Aequator</p>	<p>Transversale</p>  <p>Aequator Berührungskreis</p>	<p>Schiefachsige</p>  <p>Aequator Berührungskreis</p>
---	--	--

Azimutale Netzentwürfe (Azimutalprojektionen)

<p>Normale</p>  <p>Aequator</p>	<p>Transversale</p> 	<p>Schiefachsige</p> 
<p>Gnomonische</p>  <p>Zentrum im Erdmittelpunkt</p>	<p>Stereographische</p>  <p>Zentrum im Gegenpunkt</p>	<p>Orthographische</p>  <p>Zentrum im Unendlichen</p>

Wichtige Netzentwürfe

Winkeltreue Netzentwürfe (konforme)	Anwendung
Mercatorprojektion (normaler zylindrischer Netzentwurf)	- Seekarten - grossmassstäbliche Landeskarten von Staaten in Äquatornähe (Indonesien)
Transversale Mercatorprojektion (transversaler zylindrischer Netzentwurf, Gauss-Krügers Kartennetzentwürfe)	- grossmassstäbliche Landeskarten von Staaten mit nord-südlicher Ausdehnung (Deutschland, Finnland, Grossbritannien, Italien, Österreich, Portugal, Spanien, Russland, USA)
Schiefachsiger zylindrischer Netzentwurf)	- grossmassstäbliche Landeskarten von Staaten in mittleren Breitengraden (Schweiz, Borneo, Madagaskar)
Lamberts konformer konischer Netzentwurf	- grossmassstäbliche Landeskarten von Staaten mit vorwiegender west-östlicher Ausdehnung (Belgien, Frankreich)
Stereographischer azimutaler Netzentwurf	- Karten der Polargebiete - grossmassstäbliche Landeskarten von Staaten mit kreisförmigen Umrissen (z.B. Niederlande)

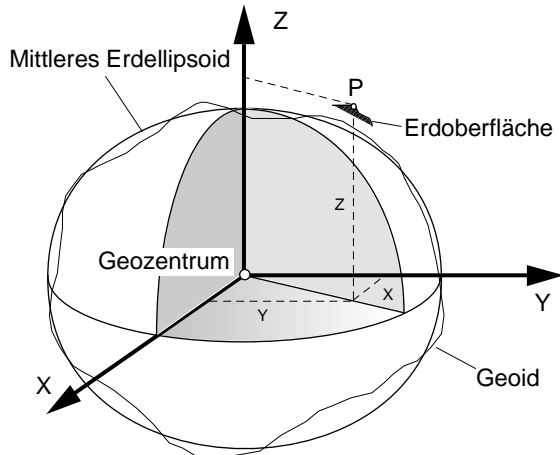
Flächentreue Netzentwürfe (äquivalente)	Anwendung
Alberts' äquivalenter konischer Netzentwurf	- thematische Karten in Atlanten (USA) - Atlaskarten von Gebieten mit vorwiegender westöstlicher Ausdehnung
Lamberts azimutaler äquivalenter Netzentwurf	- normale Form: Atlaskarten der Polargebiete - transversale Form: Atlaskarten von Afrika, Südostasien, Australien, Süd- und Zentralamerika - schiefachsige Form: Atlaskarten von Nordamerika, Europa und Asien

Streckentreue Netzentwürfe (äquidistante)	Anwendung
Aequidistanter konischer Netzentwurf	- Atlaskarten von Gebieten mit geringem Ausmass

2.3 Geodätische Koordinatensysteme

Dreidimensionale Koordinatensysteme

Globale (geozentrische) terrestrische kartesische Koordinatensysteme



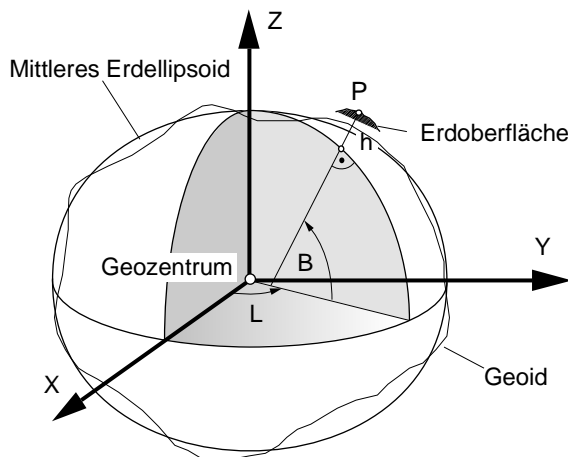
- Ursprung: Geozentrum (Ellipsoidmittelpunkt)
Z - Achse: Drehachse der Erde
X - Achse: Definiert durch das Geozentrum und den Schnittpunkt zwischen Äquator und dem Meridian von Greenwich
Y - Achse: Drehung der X - Achse um 90° gegen den Uhrzeigersinn

Globale terrestrische kartesische Koordinatensysteme:

- WGS 84 (World Geodetic System 1984)
- ITRF 89 (IERS Terrestrial Reference Frame 1989)
- ETRF 93 (European Terrestrial Reference Frame 1993)

Eignung: Globale terrestrische kartesische Koordinatensysteme eignen sich besonders für Nutzer mit grossräumigen Aufgabenstellungen (Raumfahrt, globale Geodynamik)

Globale (geozentrische) terrestrische ellipsoidische Koordinatensysteme



- Ursprung: Geozentrum (Ellipsoidmittelpunkt)
B: Ellipsoidische Breite (Winkel zwischen dem von P auf das Ellipsoid errichtete Lot und der Äquatorebene)
L: Ellipsoidische Länge (Winkel zwischen der Meridianebene in P und der Ebene des Meridian von Greenwich)
h: Ellipsoidische Höhe (Länge des Lotes vom Punkt P auf das Ellipsoid)

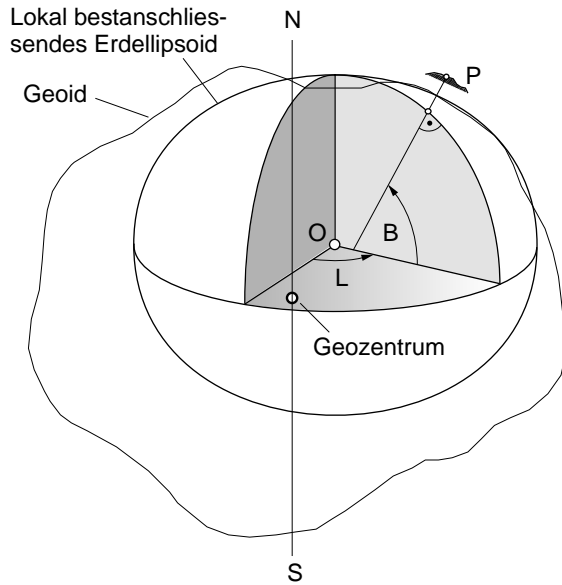
Globale terrestrische ellipsoidische Koordinatensysteme:

- WGS 84 (World Geodetic System 1984)
- ITRF 89 (IERS Terrestrial Reference Frame 1989)
- ETRF 93 (European Terrestrial Reference Frame 1993)

Eignung: Globale terrestrische ellipsoidische Koordinatensysteme eignen sich besonders für Kartographie, Navigation, Landes- und Ingenieurvermessung.

Zweidimensionale Koordinatensysteme

Regionale ellipsoidische geographische Koordinatensysteme



- O: Ellipsoidmittelpunkt
- B: Ellipsoidische Breite (Winkel zwischen dem von P auf das Ellipsoid errichtete Lot und der Äquatorialebene)
- L: Ellipsoidische Länge (Winkel zwischen der Meridianebene in P und der Ebene des Meridian von Greenwich)

Referenzellipsoide:

- Bessel: Deutschland, Oesterreich, Schweiz
- Clarke (66): Kanada, USA
- Clarke (80): Frankreich
- Hayford: Belgien, Finnland, Italien
- Krassovsky: Russland

Anwendungen: Grundlage der Landesvermessungen, Atlanten

Regionale ebene kartesische (rechtwinklige) Koordinatensysteme

Prinzip: Abbildung (Projektion) von Ausschnitten der Erdoberfläche mit ellipsoidischen geographischen Koordinaten (B, L) auf eine Ebene mit kartesischen Koordinaten (Y, X)

Anwendungen: Karten der Landesvermessungen

UTM - Koordinatensystem (Universal Transverse Mercator System)

Gruppe: Ebene kartesische (rechtwinklige) Koordinatensysteme

Grundlage: Winkeltreues Abbildungsgesetz von Gauss (Transversale Mercator Projektion)

Abbildungsgesetz von Gauss:

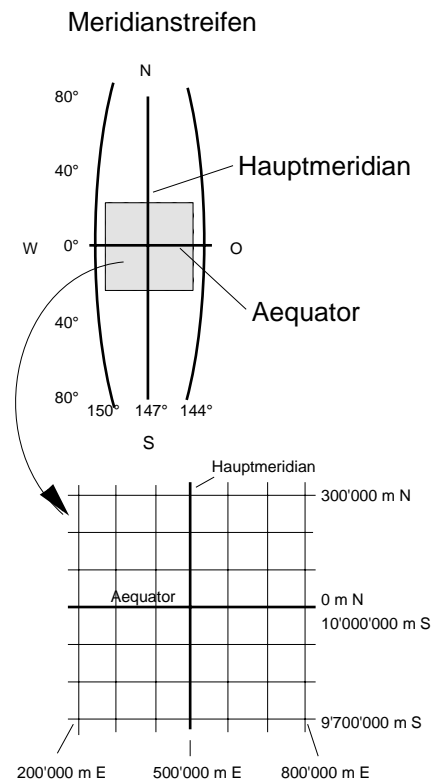
Winkeltreue Abbildung von Ausschnitten der Erdoberfläche mit ellipsoidischen geographischen Koordinaten (B,L) auf eine Ebene mit kartesischen Koordinaten (Y,X) und unter folgenden Bedingungen:

- Darstellung des durch die Mitte des abzubildendes Gebietes verlaufenden Hauptmeridians durch eine Gerade (x-Achse),
- längentreue Abbildung des Hauptmeridians

Gültigkeitsbereich des Gauss'schen Systems:

- Höchstens 3° beidseits des Hauptmeridians
- > Bildung von 6° breiten Meridianstreifen
- > 60 Meridianstreifen (Numerierung der Streifen von Westen nach Osten, 1. Streifen 180°-174° West, 60. Streifen 174°- 180° Ost)

Anwendungen: Landeskarten der USA und anderen Staaten, als Weltkoordinatensystem am besten geeignet



2.4 Das schweizerische Vermessungswesen

Gliederung des schweizerischen Vermessungswesens

Das schweizerische Vermessungswesen gliedert sich in die folgende Teilgebiete auf:

- Erdmessung (wissenschaftliche Geodäsie)
- Landesvermessung und Landeskartenwerk
- Amtliche Vermessung

Erdmessung (wissenschaftliche Geodäsie)

In der Schweiz befasst sich die **Schweizerische Geodätische Kommission** als Organ der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften mit der Erdmessung (wissenschaftliche oder physikalische Geodäsie).

Die Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW) wurde 1815 gegründet und hiess bis 1988 Schweizerische Naturforschende Gesellschaft (SNG).

Die Aufgaben der Schweizerischen Geodätischen Kommission sind:

- das Erarbeiten der wissenschaftlichen Grundlagen für das schweizerische Vermessungswesen,
- die Beteiligung an internationalen Projekten bei der Bestimmung der geometrischen und geophysikalischen Eigenschaften der Erde.

Landesvermessung und Landeskartenwerk

Die Landesvermessung und das Landeskartenwerk ist die Aufgabe der **Eidgenössischen Landestopographie**, welche ein Amt des Eidgenössischen Departements für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) ist.

Der Eidgenössischen Landestopographie obliegen folgende Aufgaben:

- die Erstellung, der Unterhalt und die Erneuerung der Landestriangulation I. - III. Ordnung,
- die Durchführung des Landesnivellements
- die Erstellung (Aufnahme, Kartographische Bearbeitung, Druck), die Nachführung und die Herausgabe des Landeskartenwerk in den Massstäben:
 - 1 : 25'000, Aequidistanz der Höhenkurven 10m/20m
 - 1 : 50'000, Aequidistanz der Höhenkurven 20m
 - 1 : 100'000, Aequidistanz der Höhenkurven 50m
 - 1 : 200'000, 1 : 500'000, 1 : 1'000'000
- Technische Aufsicht über die Ausführung der Triangulation IV Ordnung und der Uebersichtspläne der Grundbuchvermessung.

Amtliche Vermessung

Die amtliche Vermessung im Sinne des Schweizerischen Zivilgesetzbuches (Art. 950) ist die vom Bund anerkannte **Grundbuchvermessung**.

Die amtliche Vermessung bzw. die Grundbuchvermessung umfasst:

- die Durchführung der Triangulation IV. Ordnung (Grundlage für Detailvermessungen, wie Parzellar- und Ingenieurvermessung)
- die Erstellung des Uebersichtsplans der schweizerischen Grundbuchvermessung (grösstmasstäbliches Planwerk mit topographischem Inhalt, von grosser Bedeutung bei der Planung und im Ingenieurwesen)
 - Masstäbe: 1 : 2'000, 1 : 5'000, Aequidistanz 10m mit 5m Zwischenkurven im Flachland
 - 1 : 10'000, Aequidistanz 10m im Gebirge
- die Durchführung der Parzellarvermessung (eigentliche Grundbuchvermessung)
- die Erstellung des Grundbuchplans, Masstäbe:

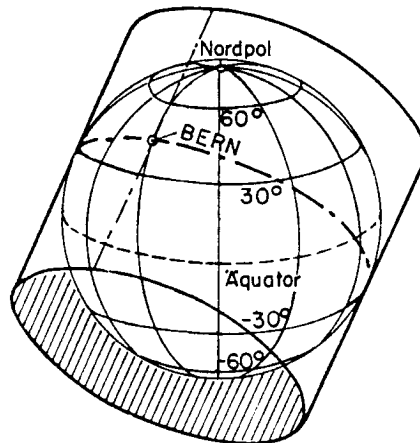
1 : 250,	1 : 500	in Bauzonen
1 : 1'000		in offener Flur
1 : 2'000,	1 : 5'000	im Wald
1 : 10'000		im Gebirge

An der Durchführung der Grundbuchvermessung sind der Bund, die Kantone, die Gemeinden und private Vermessungsbüros beteiligt.

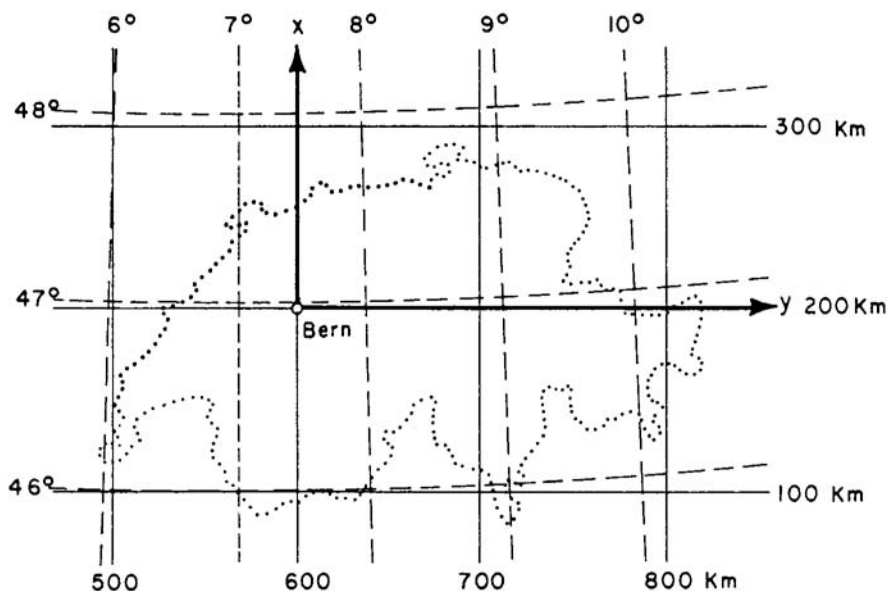
Bund (VBS), Eidgenössische Vermessungsdirektion:	Oberaufsicht
Kantone, kantonale Vermessungsämter:	Ueberwachung u. Verifikation
private Vermessungsbüros, kommunale Vermessungsämter:	Durchführung

2.5 Der Kartennetzentwurf und das Koordinatensystem der schweizerischen Landesvermessung

Der schiefachsige zylindrische Kartennetzentwurf der Landeskarte (1910)



Landeskarte: Meridiane, Koordinatenursprung und -system

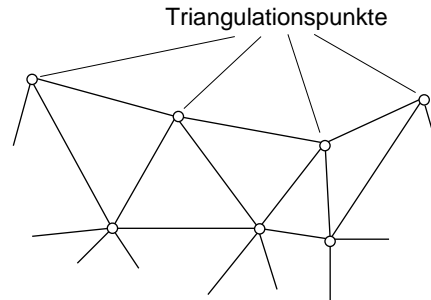


Koordinatenursprung Y_0, X_0 : Bern, alte Sternwarte
 $Y_0 = 0.00$ $X_0 = 0.00$ (Zivilkoordinaten)
 $Y_0 = 600.000 \text{ km}$ $X_0 = 200.00 \text{ km}$ (Militärkoordinaten)

2.6 Das Triangulationsnetz (Lagefestpunktfeld)

Definition und Zweck des Triangulationsnetzes

Definition: Ein Triangulationsnetz besteht aus einer Vielzahl von Fixpunkten, die so angeordnet sind, dass sie ein zusammenhängendes Dreiecksnetz bilden. Es wird dabei zwischen Netze übergeordneter und niedriger Ordnung unterschieden. Netze niedriger Ordnung werden durch das sukzessive Einschalten weiterer Fixpunkte innerhalb von übergeordneten Netzen bestimmt.

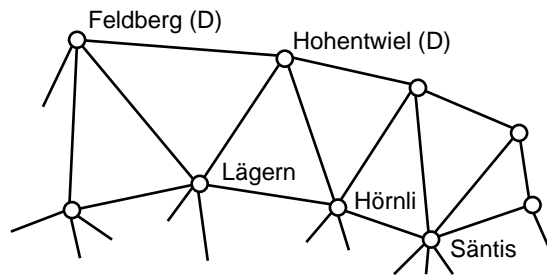


Zweck: Triangulationsnetze (Lagefestpunktfeld) bilden die geodätische Grundlage für die Landeskartenwerke und die Detailvermessungen.

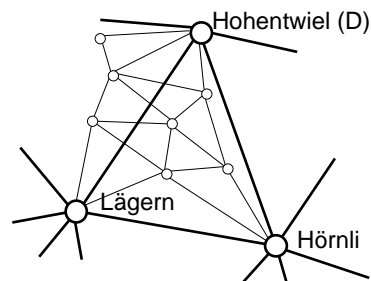
Das trigonometrische Netz der Schweiz

Gliederung des trigonometrischen Netzes der Schweiz:

Triangulationsnetz I. Ordnung:
Dreiecksseiten 30 - 50 km
mittlerer Koordinatenfehler ca. 10 - 20 cm



Triangulationsnetz II. Ordnung:
Dreiecksseiten 10 - 20 km
mittlerer Koordinatenfehler ca. 5 - 10 cm



Triangulationsnetz III. Ordnung: Dreiecksseiten 3 - 8 km, mittl. Koordinatenfehler ca. 2 - 4 cm

Triangulationsnetz IV. Ordnung: Dreiecksseiten 1 - 2 km,
mittlerer Koordinatenfehler ca. 0.5 - 2 cm

2.7 Der Polygonzug

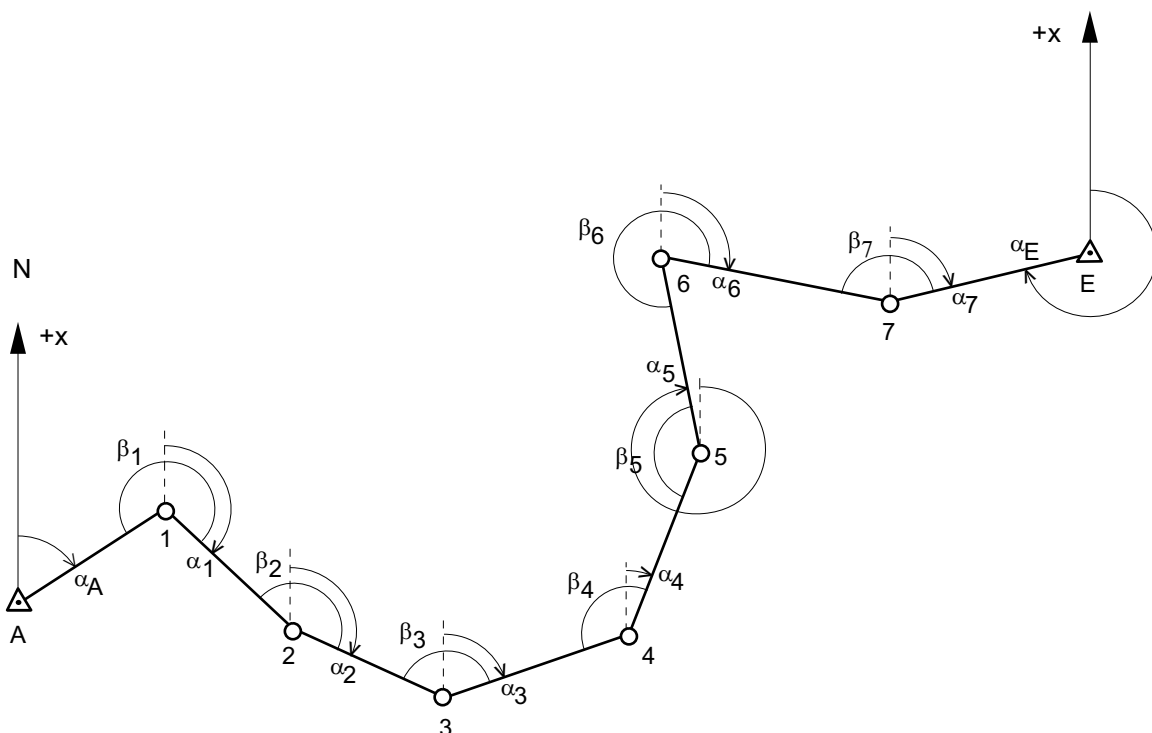
Definitionen und Bezeichnungen

Definition: Ein Polygonzug ist ein mehrfach gebrochener Linienzug, dessen Eckpunkte im Gelände markiert sind (Pfeiler, Granitsteine, Metallbolzen, Holzpflocke usw.)

Anwendung: Die Polygonierung, als wichtigste Methode der Fixpunktbestimmung bei der Detailvermessung, ist von grosser Bedeutung in der Grundbuchvermessung (Verdichtung der Triangulationsnetze) und in der Ingenieurvermessung (Aufnahmen für Detailpläne, Absteckungen, Gelände- und Bauwerküberwachung).

Bezeichnungen:

- A , E : Anschlusspunkte (lage- und höhenmässig bekannte Punkte, z. B. Triangulationspunkte I. - IV. Ordnung, Polygonpunkte der Grundbuchvermessung)
- 1, 2, 3, ... : Polygonpunkte
- $\overline{A1}$, $\overline{12}$, $\overline{23}$, ... : Polygonseiten
- α_A : Anschlussrichtungswinkel
- α_E : Abschlussrichtungswinkel
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$: Richtungswinkel
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots$: Polygonwinkel

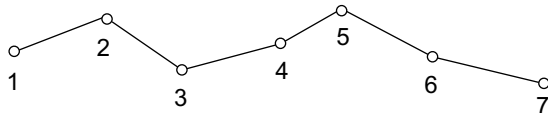


Arten von Polygonzügen

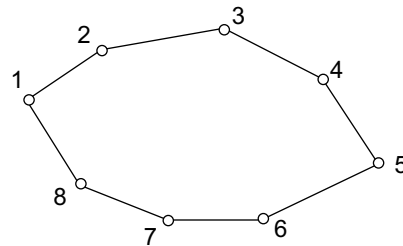
Die Polygonzüge werden nach der Form und nach der Art des Anschlusses unterteilt.

Form

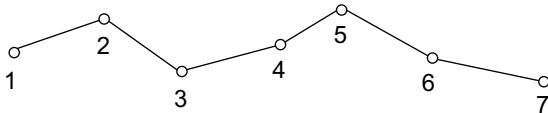
offener Polygonzug



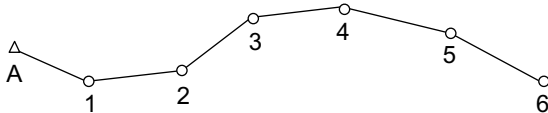
geschlossener Polygonzug



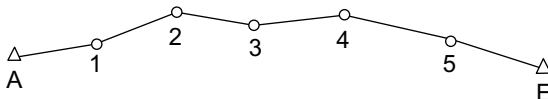
Anschluss



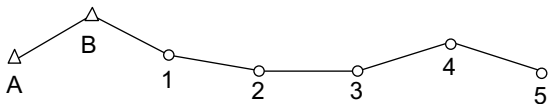
I nicht angeschlossener Polygonzug: lokale Absteckungen u. Aufnahmen (z.B. Detailpläne für Bauwerke)



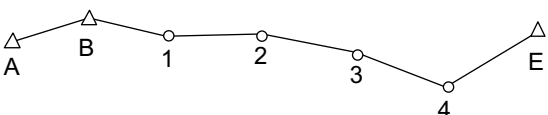
II einseitig nur lagemässig angeschlossener Polygonzug: lokale Absteckungen u. Aufnahmen (z.B. Detailpläne für Bauwerke)



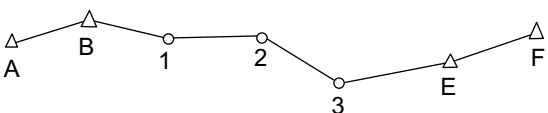
III beidseitig nur lagemässig angeschlossener Polygonzug: lokale Absteckungen u. Aufnahmen (z.B. Detailpläne für Bauwerke)



IV richtungs- und lagemässig einseitig angeschlossener Polygonzug: Waldstrassen-, Tunnel- u. Stollenabsteckung



V richtungsmässig einseitig, lagemässig beidseitig angeschlossener Polygonzug: Grundbuchvermessung, Geländeüberwachung. Absteckung von öffentlichen Verkehrsanlagen



VI richtungs- und lagemässig beidseitig angeschlossener Polygonzug: Grundbuchvermessung, Geländeüberwachung, Absteckung von öffentlichen Verkehrsanlagen

2.8 Masseinheiten

Längenmasse

Grundlage der Längenmasse im metrischen System ist der Internationale Meter.

Definition des Meters: -1875: zehnmillionster Teil eines Erdquadranten
-1960: 1'650'763.73faches der Wellenlänge der Strahlung eines Krypton-Isotops
-1983: Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Dauer von 1/299'792'458 Sekunde zurücklegt

Längenmasse im metrischen System:

1'000 m = 10^3 m = 1 km	(Geographie, Landeskarten)
100 m = 10^2 m = 1 hm	
10 m = 10^1 m = 1 Dm	
1 m = 10^0 m = 1 m	(Vermessung, Bauwesen, Landeskarten)
0.1 m = 10^{-1} m = 1 dm	
0.01 m = 10^{-2} m = 1 cm	(Bauwesen bei Bauteilen < 1 m)
0.001 m = 10^{-3} m = 1 mm	(Bauwesen)

Flächenmasse

Grundlage der Flächenmasse im metrischen System ist der Quadratmeter, d.h. der Inhalt eines Quadrates von 1 m Seitenlänge

1'000'000 m ² = 10^6 m ² = 1 km ²	(Kontinente, Länder, Ortschaften)
10'000 m ² = 10^4 m ² = 1 ha	(Waldflächen)
100 m ² = 10^2 m ² = 1 a	(kleine Waldflächen)
1 m ² = 10^0 m ² = 1 m ²	(Grundstücke, Parzellen, Bauwesen)
0.01 m ² = 10^{-2} m ² = 1 dm ²	
0.0'001 m ² = 10^{-4} m ² = 1 cm ²	
0.000'001 m ² = 10^{-6} m ² = 1 mm ²	

Winkelmasse

Grundlage der Winkelmasse ist der Vollkreis mit 4 Δ

Sexagesimalsystem, Teilung in Altgrad

4 Δ = 360° Altgrad
1 Δ = 90°
1° = 60' Sexagesimalminuten, Altminuten
1' = 60" Sexagesimalsekunden, Altsek.

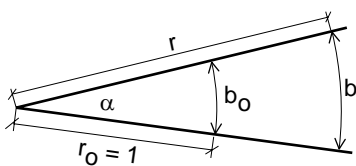
Mathematik, Physik,
Geographische Koordinaten,
(Vermessung)

Zentesimalsystem, Teilung in Neugrad

4 Δ = 400^g Neugrad
1 Δ = 100^g
1^g = 100^c Zentesimalminuten, Neuminuten
1^c = 100^{cc} Zentesimalsekunden, Neusek.

Vermessung

Bogenmass



$$\text{arc } \alpha = \frac{b}{r} = b_0$$

Einheit: Radiant (rad)

4 Δ = 2 π rad
2 Δ = π rad
1 Δ = $\pi/2$ rad

Mathematik,
Physik,
Vermessung

Radiuspromille: 4 Δ = 6'283.2 R ‰ (1'000 • 2 π)

Artilleriepromille: 4 Δ = 6'400 A ‰

2.9 Das Rechnen mit ebenen Koordinaten

Definitionen und Bezeichnungen

Detailvermessung: In der Detailvermessung werden in der Regel **ebene kartesische Koordinatensysteme** verwendet, nämlich das Koordinatensystem der schweizerischen Landesvermessung bei der amtlichen Vermessung sowie bei den meisten Aufgaben der Ingenieurvermessung oder frei gewählte, beliebige Koordinatensysteme bei lokalen Absteckungen und Aufnahmen.

Koordinatensystem der schweizerischen Landesvermessung

Grundlage: Schiefachsige Zylinderprojektion der Landeskarte

Koordinatenursprung Y_0, X_0 : Bern, alte Sternwarte

$Y_0 = 0.00$	$X_0 = 0.00$	(Zivilkoordinaten)
$Y_0 = 600.000 \text{ km}$	$X_0 = 200.00 \text{ km}$	(Militärkoordinaten)
$L = 7^\circ 26' 22.3''$	$B = 46^\circ 57' 07.9''$	(Geographische Koordinaten)

Lage eines Punktes im kartesischen Koordinatennetz:

Gegeben durch seine Koordinaten Y, X ; d.h. durch die rechtwinkligen Abstände dieses Punktes zu den Koordinatenachsen.

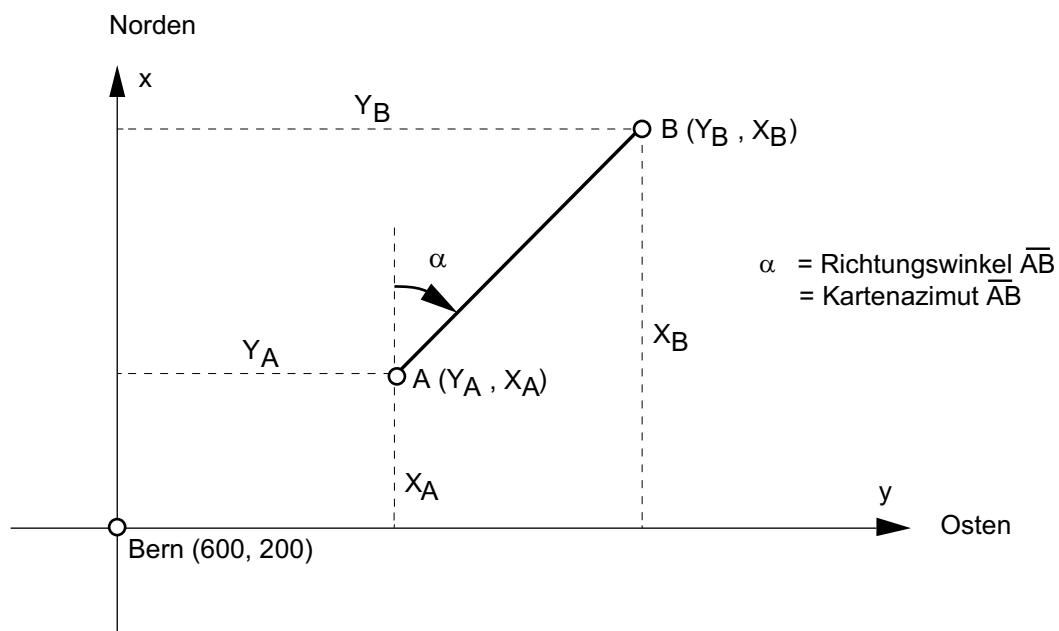
Koordinaten immer in der Reihenfolge Y, X angeben

Richtungswinkel und Kartenazimut

Richtungswinkel: Winkel zwischen X -Achse und der Richtung einer Strecke \overline{AB}

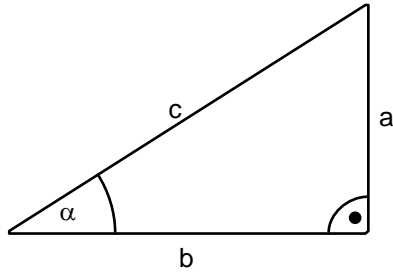
Kartenazimut: Winkel zwischen Kartennord (X -Achse) und der Richtung einer Strecke \overline{AB} beim Koordinatennetz der Landesvermessung

Messung des Richtungswinkels und des Azimuts im Uhrzeigersinn



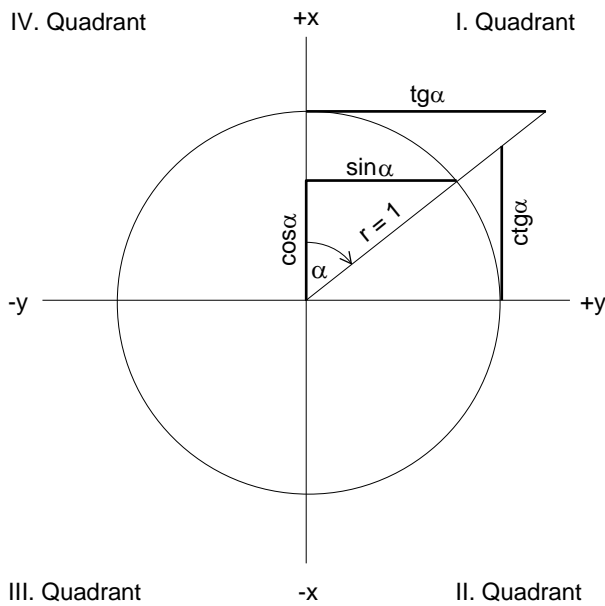
Winkelfunktionen

Winkelfunktionen am rechtwinkligen Dreieck



$$\begin{aligned} \sin\alpha &= a : c \\ \cos\alpha &= b : c \\ \operatorname{tg}\alpha &= a : b \\ \operatorname{ctg}\alpha &= b : a \end{aligned}$$

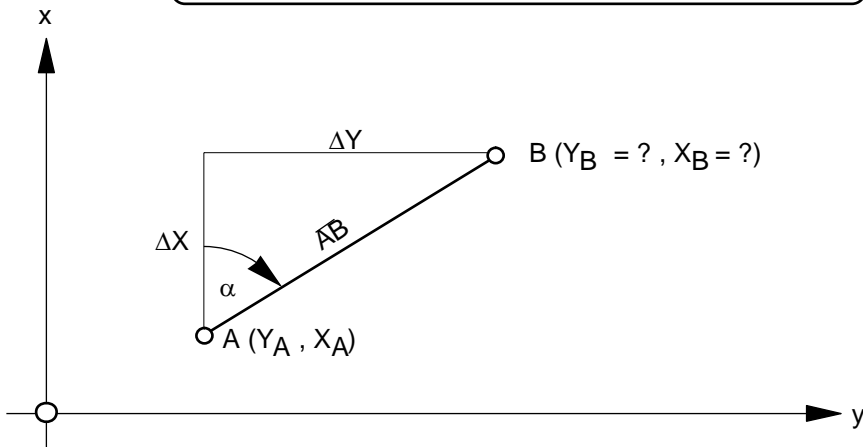
Winkelfunktionen am Einheitskreis



$$\begin{aligned} \sin\alpha &= y : r \\ \cos\alpha &= x : r \\ \operatorname{tg}\alpha &= y : x \\ \operatorname{ctg}\alpha &= x : y \end{aligned}$$

Quadrant	Vorzeichen			
	I.	II.	III.	IV.
$\sin\alpha$	+	+	-	-
$\cos\alpha$	+	-	-	+
$\operatorname{tg}\alpha$	+	-	+	-
$\operatorname{ctg}\alpha$	+	-	+	-

Berechnung der Koordinaten eines Punktes



Gegeben: Punkt A (Y_A, X_A)

Gemessen: Strecke AB, Richtungswinkel α

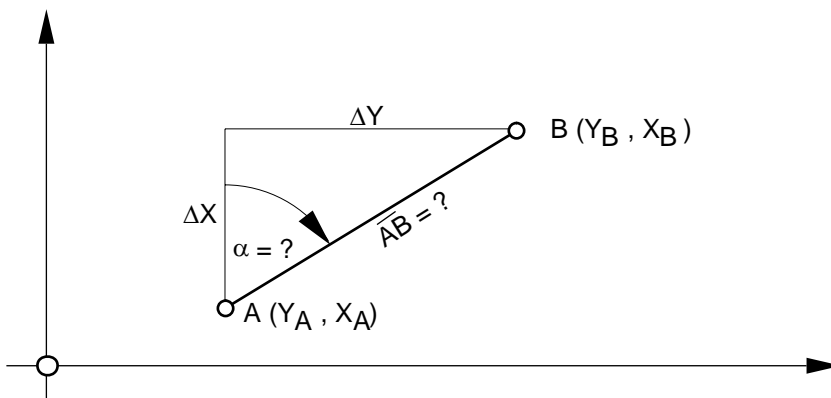
Gesucht: Koordinaten des Punktes B (Y_B, X_B)

Lösung:

$$Y_B - Y_A = \Delta Y = \overline{AB} \cdot \sin \alpha \quad \longrightarrow \quad Y_B = Y_A + \overline{AB} \cdot \sin \alpha$$

$$X_B - X_A = \Delta X = \overline{AB} \cdot \cos \alpha \quad \longrightarrow \quad X_B = X_A + \overline{AB} \cdot \cos \alpha$$

Berechnung des Richtungswinkels und der Distanz



Gegeben: Punkte A (Y_A, X_A), B (Y_B, X_B)

Gesucht: Richtungswinkel α , Distanz \overline{AB}

Lösung:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad \longrightarrow \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

Quadrant	I.	II.	III.	IV.
Vorzeichen ΔY	+	+	-	-
ΔX	+	-	-	+

$$\overline{AB} = \sqrt{(Y_B - Y_A)^2 + (X_B - X_A)^2} = \frac{Y_B - Y_A}{\sin \alpha} = \frac{X_B - X_A}{\cos \alpha}$$

2. 10 Die Berechnung von Polygonzügen

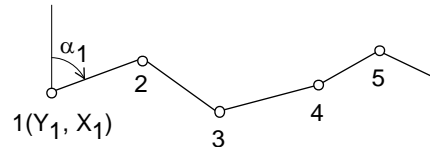
Berechnen des Polygonzuges

Ziel: Ermittlung der Koordinaten sämtlicher Polygonpunkte

Aufnahmen im Gelände: Polygonwinkel β (Theodolit, Bussole)
Polygonseiten (Theodolit, Messband)

Nicht angeschlossener Polygonzug

1. Anfangskordinaten: annehmen
Anfangsrichtungswinkel: annehmen oder messen

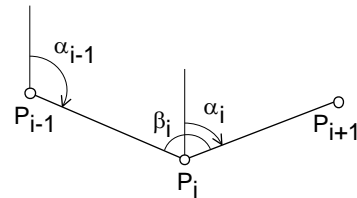


2. Berechnen der Richtungswinkel α_i

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + \beta_i + 2009$$

$$\alpha > 4009$$

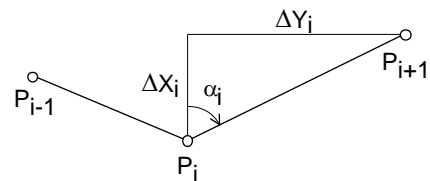
$$\longrightarrow - 4009$$



3. Berechnen der Koordinatenunterschiede

$$\Delta Y_i = P_i P_{i+1} \cdot \sin \alpha_i$$

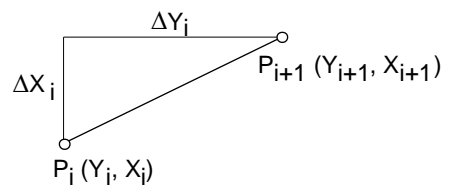
$$\Delta X_i = P_i P_{i+1} \cdot \cos \alpha_i$$



4. Berechnen der Koordinaten

$$Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_i$$

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_i$$



Berechnen des Polygonzuges

Einseitig nur lagemässig angeschlossener Polygonzug

1. Anfangskordinaten: gegeben
Anfangsrichtungswinkel: annehmen oder messen
2. - 4. Berechnung gleich wie beim nicht angeschlossenen Polygonzug

Richtungs- und lagemässig einseitig angeschlossener Polygonzug

1. Anfangskordinaten: gegeben
Anfangsrichtungswinkel: berechnen

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

2. - 4. Berechnung gleich wie beim nicht angeschlossenen Polygonzug

Richtungs- und lagemässig beidseitig angeschlossener Polygonzug

1. Anfangskordinaten: gegeben
Anfangsrichtungswinkel: berechnen

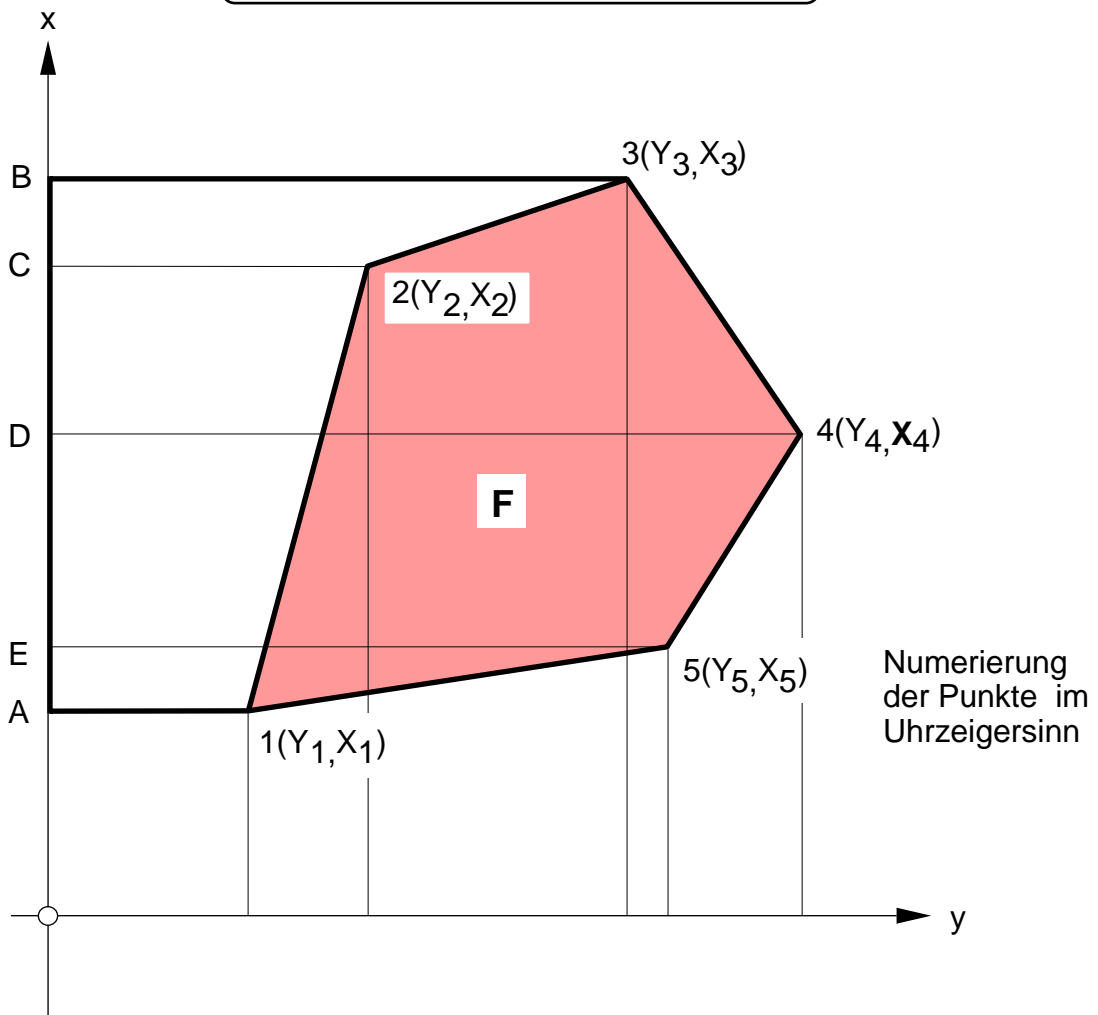
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{Y_B - Y_A}{X_B - X_A}$$

2. - 4. Berechnung grundsätzlich gleich wie beim nicht angeschlossenen Polygonzug

- Zusätzlich dazu:
- Bestimmung des Winkelabschlussfehlers f_β und der Koordinatenabschlussfehler f_y und f_x
 - Fehlerausgleichsrechnung

2. 11 Flächenberechnung

Flächenberechnung aus Koordinaten



$F = \text{Fläche A-B-3-4-5-1} - \text{Fläche A-B-3-2-1}$

$$2F = [(Y_3 + Y_4) \cdot (X_3 - X_4) + (Y_4 + Y_5) \cdot (X_4 - X_5) + (Y_5 + Y_1) \cdot (X_5 - X_1)] - [(Y_2 + Y_3) \cdot (X_3 - X_2) + (Y_1 + Y_2) \cdot (X_2 - X_1)]$$

$$2F = [(Y_3 + Y_4) \cdot (X_3 - X_4) + (Y_4 + Y_5) \cdot (X_4 - X_5) + (Y_5 + Y_1) \cdot (X_5 - X_1)] + [(Y_2 + Y_3) \cdot (X_2 - X_3) + (Y_1 + Y_2) \cdot (X_1 - X_2)]$$

$$2F = \sum (X_i - X_{i+1}) \cdot (Y_i + Y_{i+1})$$

Gauss'sche Trapezformel

$$2F = \sum Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$

Gauss'sche Dreiecksformel

3. Vermessungsmaterial

3.1 Material zur Punktversicherung

Versicherung von permanenten Punkten

Permanente Punkte:

- Triangulationspunkte
- Polygonpunkte der Vermessung
- Höhenfixpunkte
- Parzellengrenzen

Art der Versicherung:

- Pfeiler
- Granitsteine
- Messingbolzen
- Felskreuze

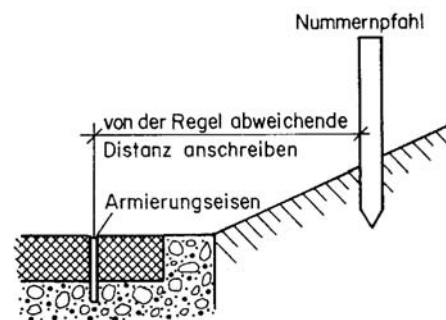
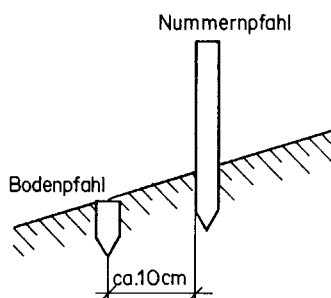
Versicherung von nicht permanenten Punkten

Nicht permanente Punkte:

- Aufnahme- und Absteckungspunkte bei Bauprojekten

Art der Versicherung:

- Holzpfähle
- Metallnägeln
- Armierungseisen
- Farbkreuze



Versicherung von provisorischen Punkten

Provisorische Punkte:

- Vorübergehend festgelegte Punkte bei Aufnahme- und Absteckungsarbeiten

Art der Versicherung:

- Jalons bzw. Fluchtstäbe

3.2 Instrumente für die Längenmessung

Instrumente für die direkte Längenmessung

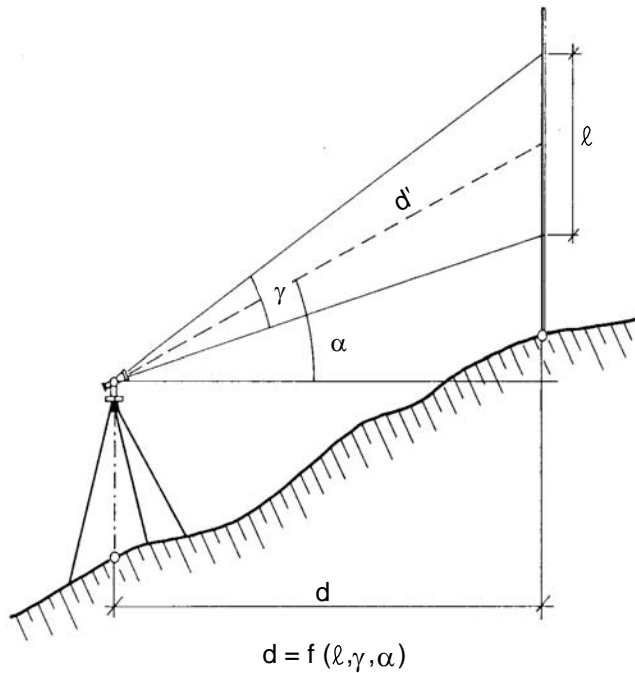
Instrument	Sinnvolle max. Messdistanz	Messgenauigkeit auf 100m	Anwendung
Doppelmeter (Länge 2 m)	2 m	—	Kurze Distanzen bei Bauprojekten jeglicher Art, Ermittlung der Höhe von Instrumenten
Setzlatten (Länge 3, 4, 5 m)	3 - 5 m	—	Profilaufnahme bei Bauprojekten (Quer- und Längenprofile)
Messbänder aus Stahl, Leinen und Glasfasern (Länge 20, 25, 30, 50 m)	15 - 20 m	20 - 50 mm	Bauprojekte jeglicher Art, Aufnahmen für Kartierungen (Schlagflächen, Windwurfflächen), Aufnahme von Polygonzügen, Seillinien usw.

Instrumente für die indirekte Längenmessung

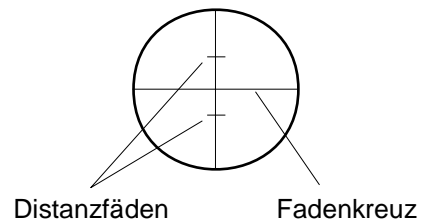
Instrument	Sinnvolle max. Messdistanz	Messgenauigkeit auf 100 m	Anwendung
Optische Distanzmesser (Theodolite, Nivelliergeräte)	50 - 200 m	20 - 200 mm	Absteckung und Aufnahme von Polygonzügen bei Bauprojekten, Geländeüberwachung
Elektro-optische Infrarotdistanzmesser (in Theodoliten integriert)	1'000 - 15'000 m	1 - 5 mm	Aufnahmen in der Grundbuchvermessung und bei Bauprojekten von grösserer Bedeutung
Ultraschall-distanzmesser	20 - 70 m	ca. 300 mm	Aufnahmen für Kartierungen, Aufnahme von Seillinien, Stichprobenerhebung
Laserdistanzmesser	100 m	1 mm	Bauprojekte jeglicher Art, Aufnahmen für Kartierungen (Schlagflächen Windwurfflächen), Stichprobenerhebung, Aufnahme von Polygonzügen, Seillinien usw.

Prinzip der optischen Distanzmessung

Prinzip: Ermittlung der Distanz über optisch ermittelte Hilfsgrößen, d.h. mit optischen Mitteln wird ein sogenanntes paralaktisches Dreieck mit den Größen γ , ℓ erzeugt und daraus d' berechnet und in der Folge unter Berücksichtigung von α die Horizontaldistanz d

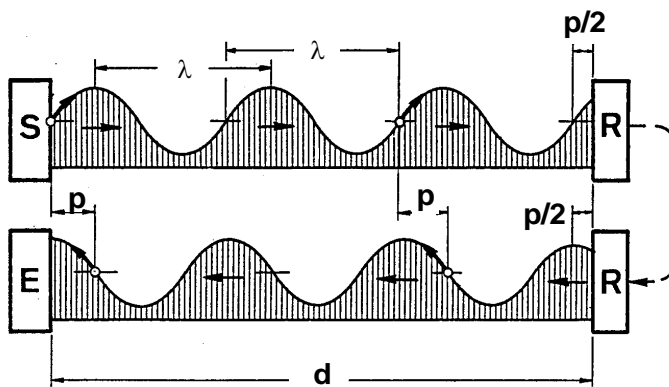


Strichplatte des Fernrohres



Prinzip der elektro-optischen Distanzmessung

Prinzip: Ermittlung der Distanz mit Hilfe ausgesandter Strahlen; Berechnung der Distanz aus der Phasenverschiebung zwischen den ausgestrahlten und reflektierten Wellen



- S: Sender
- E: Empfänger
- R: Reflektor
- λ : Wellenlänge
- p : Phasenverschiebung
- N: Anzahl ganzer Wellenlängen

$$d = f(p, \lambda, N)$$

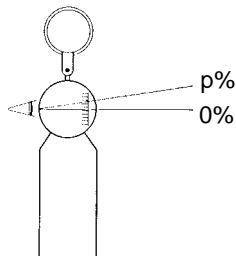
3.3 Instrumente für die Neigungsmessung und die Höhenbestimmung

Instrumente

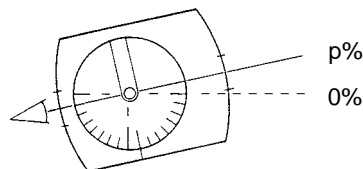
Instrument	Sinnvolle max. Messdistanz	Anwendung
Gefällsmesser (Clisimeter)	50 m	Abstecken der Linienführung von Strassen und Maschinenwegen bei vorgegebener Neigung; Aufnahmen der Geländeneigung bei Seillinien, Strassen-Lawinenverbauungs- und Wildbachverbauungsprojekten
Setzlatten (Länge 3, 4, 5 m)	3 - 5 m	Profilaufnahme im Bauwesen (Quer- und Längenprofile)
Nivelliergeräte	100 m	Wichtigstes Gerät für die Höhenbestimmung in der amtlichen Vermessung und in der Ingenieurvermessung
Theodolite	50 - 15'000 m	Absteckungen im Bauwesen; Aufnahmen in der Grundbuch- und Ingenieurvermessung

Gefällsmesser

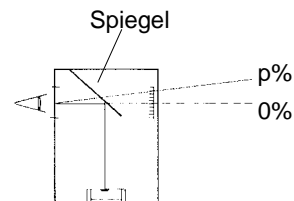
Konventionelle Gefällsmesser



Typ Meridian
(Horizontierung mit Pendel,
präzises Instrument)



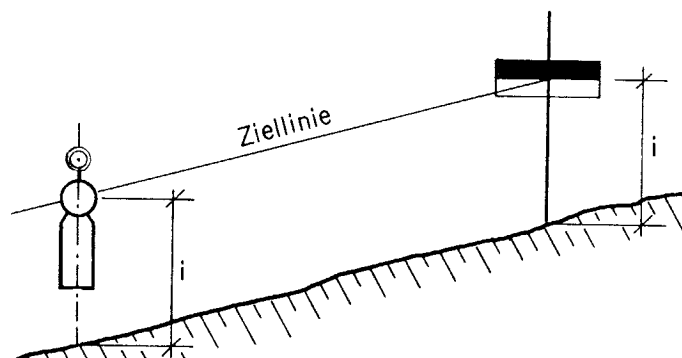
Typ Suunto
(Horizontierung mit Pendel,
günstig für steile Visuren)



Typ Büchi
(Horizontierung mit Libelle)

Lasergefällsmesser: z. B. Typ Leica

Handhabe des Gefällsmessers



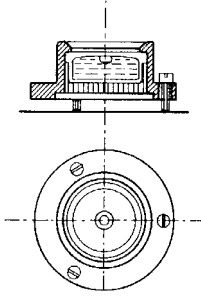
Libellen

Zweck: Horizontierung von Vermessungsinstrumenten (Nivellierinstrumente, Theodolite usw.)

Typen

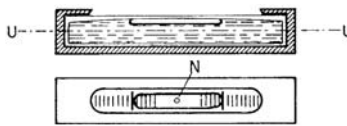
Dosenlibelle

Genauigkeit: mittel
Anwendung: Grobhorizontierung



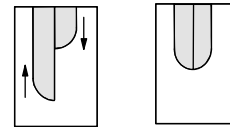
Röhrenlibelle

Genauigkeit: gross
Anwendung: Feinhorizontierung



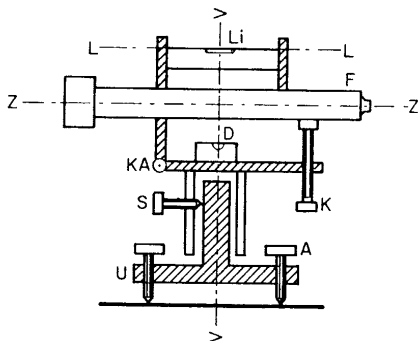
Koinzidenzlibelle

Genauigkeit: sehr gross
Anwendung: Feinhorizontierung

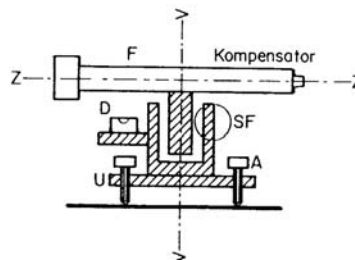


Nivellierinstrumente

Von der Konstruktion her wird zwischen **Libellen - , Kompensator- , Digital- und Lasernivelliergeräten** unterschieden.



Libellennivelliergerät



Kompensatornivelliergerät

- U : Unterteil
- A : Fusschrauben
- D : Dosenlibelle
- F : Fernrohr
- Li : Röhrenlibelle
- K : Kippschraube
- S : Seitenklemme
- SF : Seitenfeintrieb
- LL : Libellenachse
- VV : Vertikalachse
- ZZ : Zielachse
- KA : Kippachse

Unterteilung der Nivelliergeräte	Mittlerer Fehler für 1km Doppelnivellement	Fernrohrvergrösserung	Anwendung
Baunivelliergeräte	2.5 - 5.0 mm	ca. 20 X	Baustellen, Projektierung von Wald- und Güterstrassen (Flächennivellements)
Ingenieurnivelliergeräte	1.5 - 2.5 mm	ca. 25 X	Zahlreiche Arbeiten im Hoch- und Tiefbau, untergeordnete Streckennivellements in der Vermessung
Präzisionsnivelliergeräte	0.2 - 0.7 mm	ca. 30 X	Landesnivellement, Deformations- und Setzungsmessungen, tektonische Bewegungsmessungen

3.4 Instrumente für die Richtungs- bzw. die Winkelmessung

Instrumente

Instrument	Sinnvolle max. Messdistanz	Messgenauigkeit	Anwendung
Winkelprisma	50 m	ca. 0.2 ^g (2'000 ^{cc})	Abstecken rechter Winkel: Strassenprojektion (Kurven- und Wendepaltenabsteckung), orthogonale Lageaufnahmen, Bauabsteckungen, Probeflächen
Bussole, Wyssen-Kompass	50 m	ca. 1 ^g (10'000 ^{cc})	Abstecken von Waldstrassen, Maschinenwegen, Rückegassen, Seillinien; Stichprobenerhebungen; polare Lageaufnahmen
Theodolite	200 - 15'000 m	1.5 ^{cc} - 1'000 ^{cc}	Absteckungen im Bauwesen; Aufnahmen in der Grundbuch- und Ingenieurvermessung

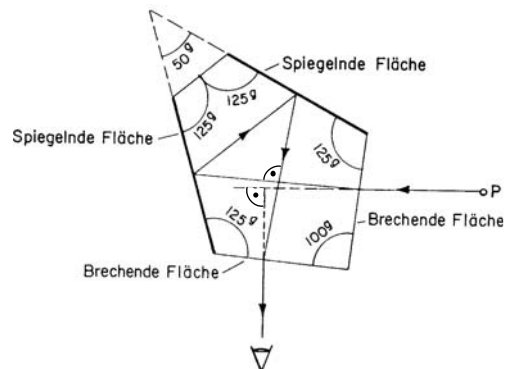
Winkelprisma

Winkelprisma: Instrument für das Abstecken rechter Winkel

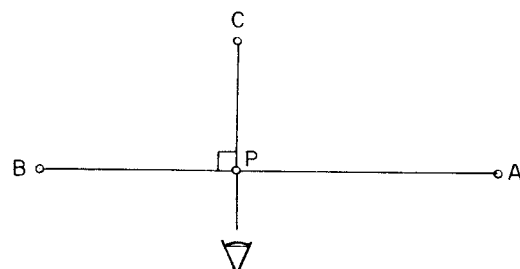
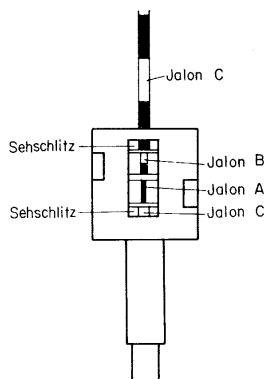
Prinzip: Richtungsablenkung eines in einem Prisma zweimal reflektierten sowie beim Eintritt und Austritt je einmal gebrochenen Lichtstrahls konstant und zwar gleich 2α ;
Winkelprisma $\alpha = 50^\circ \longrightarrow 2\alpha = 100^\circ$

Nachteil: Steile Visuren nicht möglich

Strahlengang im Pentaprisma

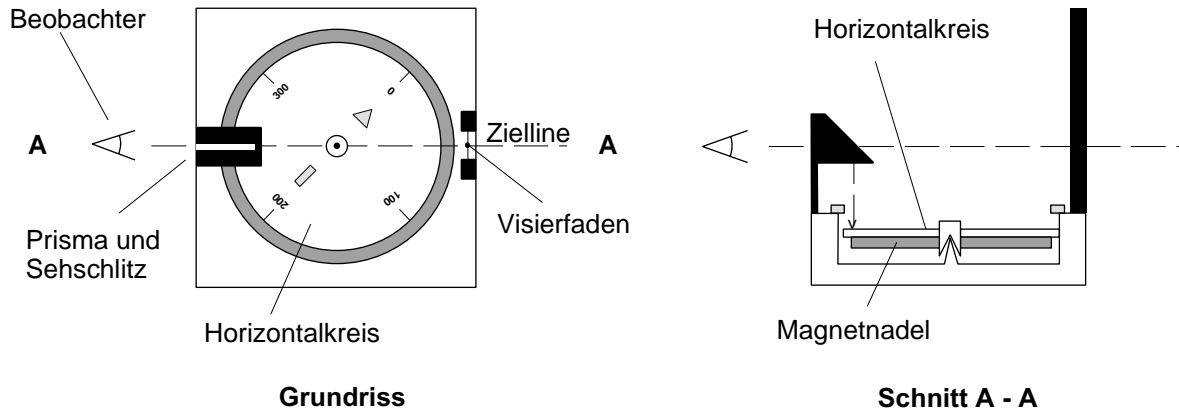


Einflichten und Aufloten mit dem Doppelpentaprisma



Bussole

Bussole: Kompass mit Visiereinrichtung (Sehschlitz, Visierfaden, Prisma)



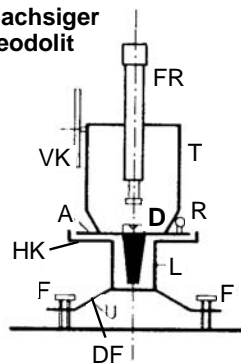
Theodolit

Theodolit: Präzisionsinstrument zur Messung von Horizontal- und Vertikalwinkeln sowie zur Bestimmung von Distanzen und Höhenunterschieden. Von der Konstruktion her wird zwischen **optischen** und **elektronischen Theodoliten** unterschieden.

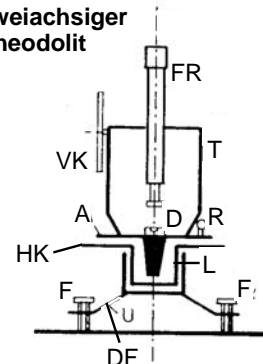
Aufbau optischer Theodolite

- F : Fußschrauben
- DF : Dreifuß
- L : Limbus
- HK : Horizontalkreis
- A : Alhidade
- D : Dosenlibelle
- R : Röhrenlibelle
- T : Fernrohtäger
- FR : Fernrohr
- VK : Vertikalkreis

einachsiger Theodolit



zweiachsiger Theodolit

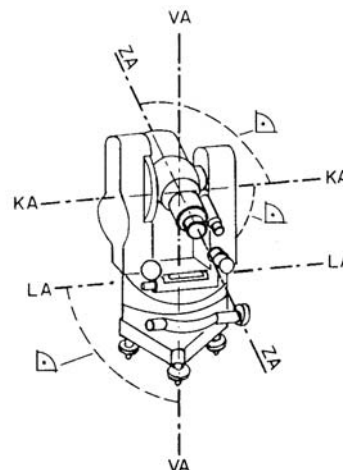


Achsen

- VA : Vertikal- oder Stehachse
- KA : Horizontal- oder Kippachse
- ZA : Ziel- oder Kollimationsachse
- LA : Libellenachse

Für ein genaues Messen müssen folgende Achsbedingungen erfüllt sein:

1. Libellenachse rechtwinklig zur Vertikalachse
2. Kippachse rechtwinklig zur Vertikalachse
3. Zielachse rechtwinklig zur Kippachse
4. Libellenachse parallel zur Kippachse

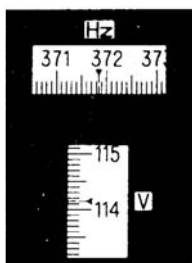


Theodolit

Ablesevorrichtung bei optischen Theodoliten: Zur Haupsache Ablesemikroskope

Strichmikroskop

Ablesung an einem auf einer Glasplatte aufgebrauchten Strich



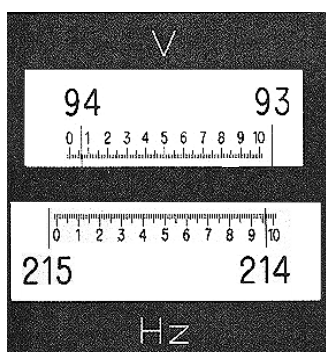
Bautheodolit Wild T 05

Direkte Ablesung: 10^c
Schätzung auf: 1^c

Horizontalkreis: 371.859
Vertikalkreis: 114.159

Skalenmikroskop

Ablesung an der Strichmarke der Hauptteilung des Horizontal- bzw. des Vertikalkreises



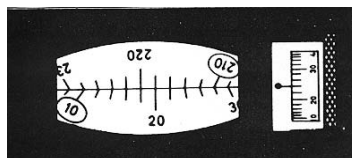
Bautheodolit Wild T 06

Direkte Ablesung: 1^c
Schätzung auf: 0.5^c

Horizontalkreis: 214.965^g
Vertikalkreis: 94.055^g

Koinzidenzmikroskop

Ablesung aufgrund zweier gegenüberliegender Kreisstellen, welche mittels Prismen im Mikroskop zu einem einzigen Bild vereinigt sind



Bussolentheodolit Wild T 0

Direkte Ablesung: 2^c
Schätzung auf: 1^c

Horizontalkreis: 19.24^g

Ablesung: Mikrometertrommel drehen, bis die oberen und unteren Striche koinzidieren;
Zehner-Grade: 1. Zahl links der Bildmitte;
Einer-Grade: Zahl der Intervalle zu der um 200^g verschiedenen, kopfstehenden Zahl;
Minutenablesung an der Mikrometertrommel

Unterteilung der Theodolite	Messgenauigkeit	Fernrohrvergrößerung	Anwendung
Bautheodolite	1000 ^{cc} (0.1 ^g)	ca. 20 X	Baustellen, Projektierung von Wald- und Güterstrassen, Wildbachverbauungen
Ingenieurtheodolite	20 ^{cc} - 100 ^{cc}	ca. 30 X	Alle vermessungs- und ingenieurtechnischen Aufgaben im Bauwesen, Kleintriangulationen, Polygonierungen, Katastermessungen
Präzisions-theodolite	1 ^{cc} -10 ^{cc}	40-80 X	Triangulationen erster und zweiter Ordnung, Defomations- und Setzungsmessungen, tektonische Bewegungsmessungen

3.5 Instrumente für die 2D- bzw. 3D-Positionsbestimmung

GPS

GPS (Global Positioning System):

- Satellitengestütztes Ortungs- und Vermessungssystem
- Ziel der satellitengestützten Ortung und Vermessung: Bestimmung der dreidimensionalen Position, der Geschwindigkeit sowie der Zeit von Punkten auf oder nahe der Erde (Ortung: Bestimmung der Koordinaten von beweglichen Punkten, Vermessung: Bestimmung der Koordinaten von fest mit der Erdoberfläche verbundenen Punkten)

Entwicklung: Streitkräfte der USA (US Department of Defence = DoD) für militärische Zwecke, heute auch für zivile Anwender nutzbar

1974 Konzept, Pflichtenheft

1978 erste GPS Satelliten im Umlauf

1993 GPS vollständig betriebsbereit

Zivile Anwendungen:

- Navigation und Ortung in der Luft, auf dem Wasser und an Land
- Erdmessung (Grossform der Erde, Dimensionen eines mittleren Erdellipsoides, Verbindung nationaler Bezugssysteme usw.)
- Landesvermessung (Triangulationen 1. - 3. Ordnung), Grundbuchvermessung (Triangulation 4. Ordnung, Parzellarvermessung), Ingenieurvermessung, topographische Vermessung
- Geodynamik (Krustenbewegungen, Polbewegungen usw.)

Bezugssystem von GPS: World Geodetic System (WGS 84)

WGS 84: Globales terrestrisches Koordinatensystem mit kartesischen bzw. ellipsoidischen Koordinaten (Referenzfläche: mittleres Erdellipsoid, Koordinatenursprung: Geozentrum = Ellipsoidmittelpunkt)

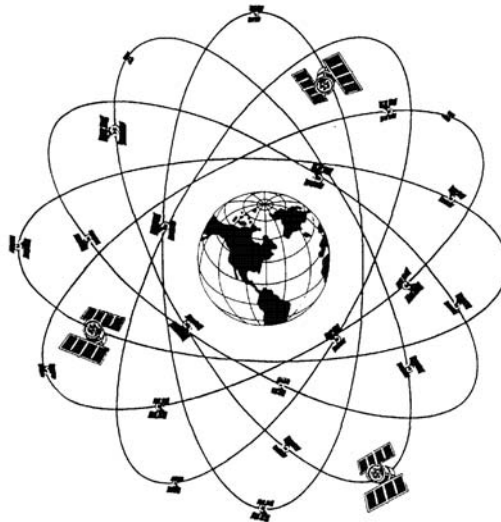
Aufbau des GPS- Systems

- Drei Segmente:**
- **Raumsegment** mit den aktiven Satelliten zur Signalübertragung
 - **Kontrollsegment** zur System- und Zeitkontrolle sowie zur Bahnüberwachung und -vorhersage
 - **Nutzersegment** mit anwendungsbezogenen Empfängereinheiten

GPS: Raumsegment

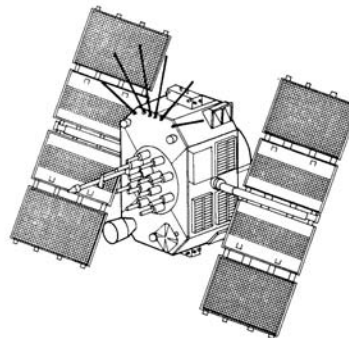
Satellitenkonfiguration (Dingetschweiler, 1993)

- 24 GPS-Satelliten in 6 Bahnebenen
- Neigung der Bahnebenen 55° gegenüber der Äquatorebene
- Höhe der Satelliten: ca. 20'600 km über Meer
- Umlaufzeit: ca. 12 Stunden



Merkmale und Ausstattung der Satelliten (Seeber 1989)

- Lebensdauer: 7.5 Jahre
- Gewicht: 845 kg
- Ausstattung:
 - zwei Sonnenkollektorplatten
 - Antriebssystem zur Lagestabilisierung und Erhaltung der Bahnposition
 - Antenne, Sender, Empfänger
 - Hochpräzisionsoszillatoren (Cäsium- und Rubidiumuhren)

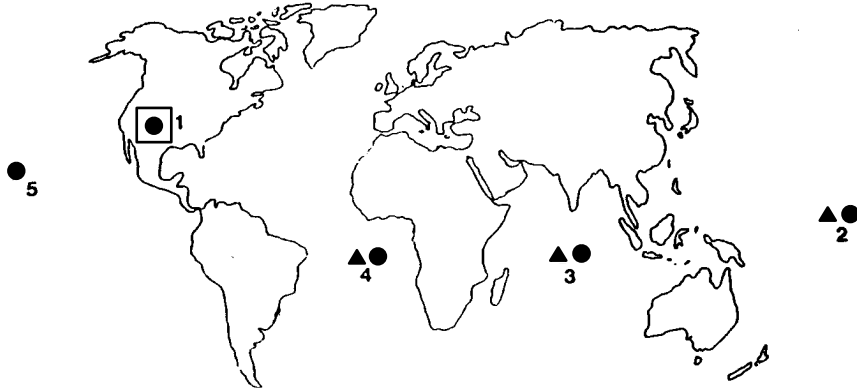


Signale der Satelliten

- Signale auf zwei Frequenzen:
 - L1-Signal : 1'575.42 MHz ($\lambda = 19.05$ cm)
 - L2-Signal : 1'227.60 MHz ($\lambda = 24.45$ cm)
- Kodierung der Signale:
 - C/A-Code (Clear/Acquisition): allgemein zugänglicher Code bei eingeschränkter Genauigkeit (L1-Signal)
 - P-Code (Precise): beschränktem Benutzerkreis zugänglicher Code bei höherer Genauigkeit (L1- und L2-Signal)
- Signale übermitteln u.a. hochgenaue Zeitinformationen sowie den jeweiligen Satellitenstandort im WGS 84 - Koordinatensystem

GPS: Kontrollsegment

Beobachtungsstationen (Bauer1992)



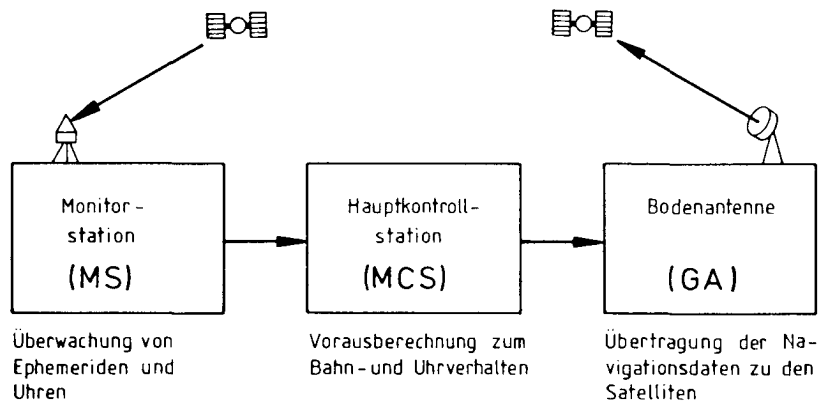
- 1 Colorado Spring 2 Kwajalein 3 Diego Garcia
4 Ascension 5 Hawaii

- Hauptkontrollstation (Master Control Station)
● Monitorstation (Monitor Station)
▲ Bodenantenne (Ground Antenna)

Aufgaben des Kontrollsegments (Seeber 1989)

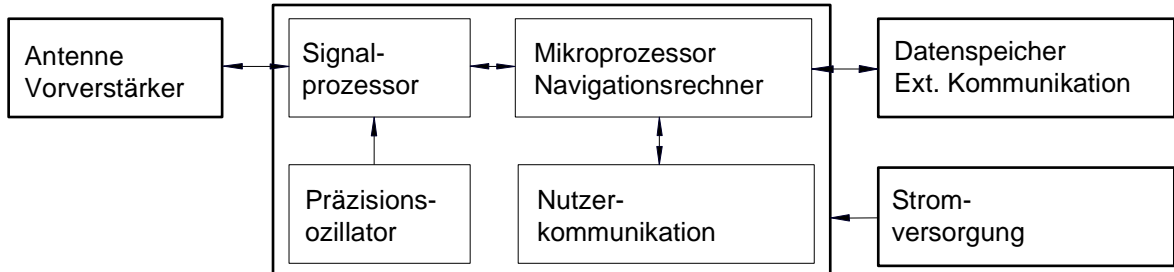
- Kontrolle des Satellitensystems
- Bestimmung der GPS Systemzeit
- Vorausberechnung der Satellitenbahnen und des Satellitenuhrverhaltens
- Einspeisen der Satelliten-Navigationsdaten in den Datenspeicher jedes Satelliten

Grundprinzip (Seeber 1989)



GPS: Nutzersegment

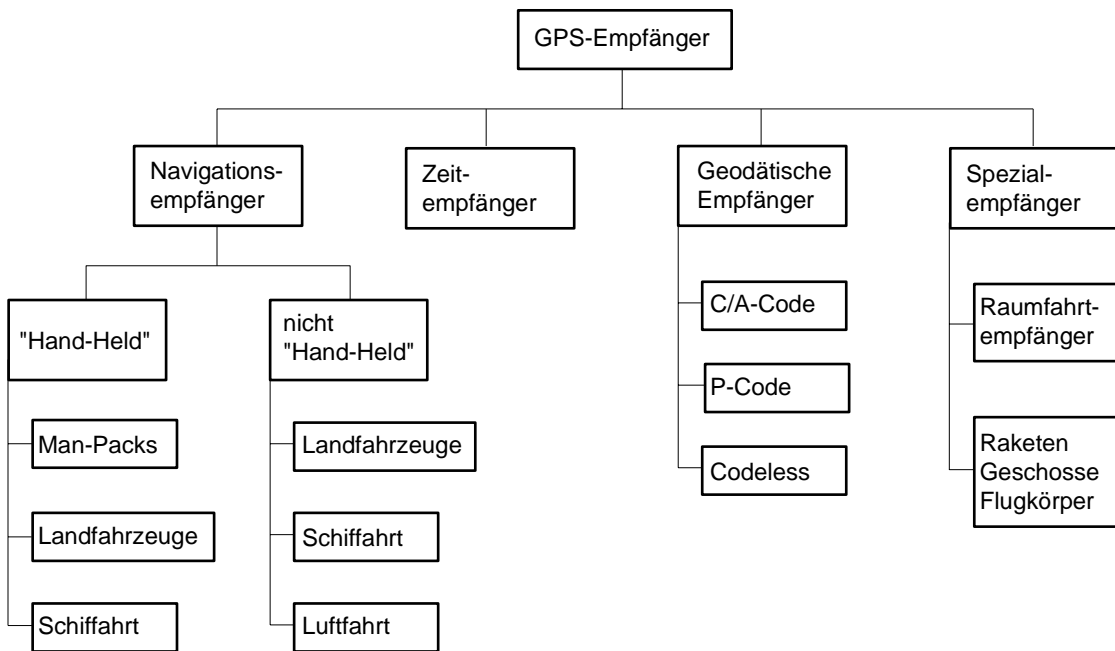
Aufbau eines GPS - Empfängers (Seeber1989)



Komponente eines Empfängers:

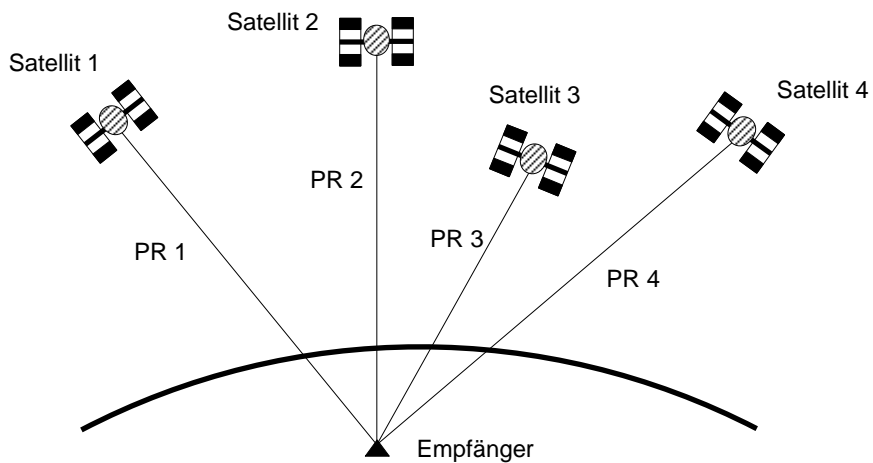
- Antenne mit Vorverstärker
- Signalprozessor: Hochfrequenzteil für die Signalidentifizierung und Signalverarbeitung
- Mikroprozessor: Empfängerkontrolle, Datenerfassung und Navigationslösung
- Nutzerkommunikation: Bedienungs- und Anzeigefeld
- Datenspeicher
- Präzisionsoszillator
- Stromversorgung

Unterteilung der GPS-Empfänger nach dem Anwenderkreis (Eissfeller 1993)



Prinzip der GPS-Positionsbestimmung

Prinzip: Bestimmung der Position (WGS 84 Koordinaten) des Empfängers durch die Messung der Entfernung zwischen dem Empfänger und mehreren Satelliten (mindestens 4) mit bekannten Koordinaten



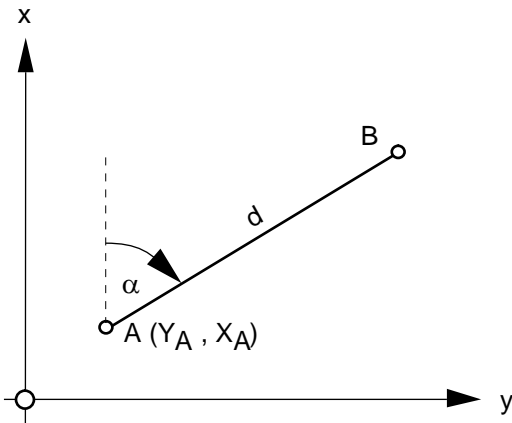
$$PR = c \cdot \Delta T = c(t-T)$$

- PR : Pseudoentfernung (pseudorange)
- c : Lichtgeschwindigkeit
- ΔT : Signallaufzeit
- t : Empfangszeit
- T : Sendezeit

4. Vermessungsmethoden

4.1 Genauigkeitsanforderungen

Topographische Vermessung



- A: Punkt mit bekannten Koordinaten
- α : gemessene Richtung
- d: gemessene Horizontaldistanz, ca. 100m
- f_Y, f_X : zulässiger Fehler der Koordinaten von B
- f_d : zulässiger Fehler der Distanz d
- f_α : zulässiger Fehler der Richtung α
- Abl. d: Ablesung auf dem Messband

Kartiergenauigkeit: 0.4 mm

Massstab	f_Y, f_X	f_d	f_α	Abl. d	Instrumente
1: 500	0.15m	0.15m	0.09 ^g	auf	Bautheodolit + Messband oder Ingenieurtheodolit
1: 1'000	0.30m	0.30m	0.18 ^g	cm	
1: 2'000	0.60m	0.60m	0.36 ^g	genau	
1: 5'000	1.5m	1.5m	0.90 ^g	auf	Bussole + Messband oder GPS-Empfänger
1: 10'000	3.0m	3.0m	1.80 ^g	dm	
1: 25'000	7.5m	7.5m	4.50 ^g	genau	

Ingenieurvermessung

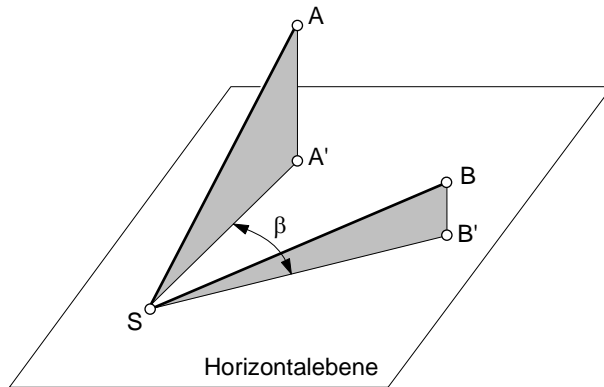
Projekttyp	Absteckungs- und Aufnahmearbeiten	Vermessungsmethode	Instrumente	Messgenauigkeit
Rückegasse	Festlegen der Lage im Gelände	Richtungsmessung	Bussole	1 - 29
Maschinenweg	Festlegen der Nulllinie	Neigungsmessung	Gefällsmesser	0.5 - 1.0%
	Festlegen der horizontalen Linienführung	Winkelmessung Längenmessung	Bussole Messband	19 0.1 m
	Aufnahme typischer Querprofile	Staffelmessung mit Setzlatte + Jalon	Setzlatte Jalon	0.1 m 0.1 m
Strasse	Festlegen der Nulllinie	Neigungsmessung	Gefällsmesser	0.5- 1.0%
	Abstecken und Aufnahme der Strassenachse	Winkelmessung	Bussole (einfaches Gelände)	19
			Theodolit (schwieriges Gelände)	0.19
		Längenmessung Höhenmessung	Messband Nivelliergerät	0.1 m 0.01 m
Querprofilaufnahme	Staffelmessung	Setzlatte + Jalon	0.1 m	

4.2 Richtungs- bzw. Winkelmessung

Horizontalwinkelmessung

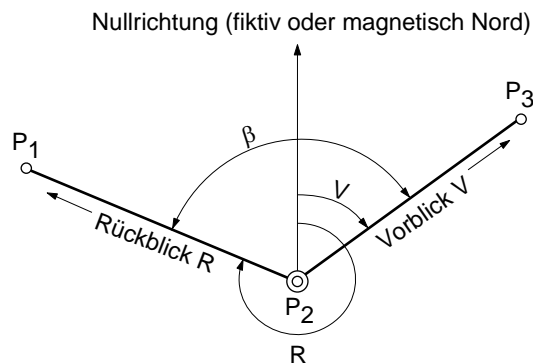
Definition des Horizontalwinkels

Der Horizontalwinkel β wird definiert als die Differenz zweier Richtungen (SA' , SB'), welche durch die Projektion von zwei beliebigen Zielpunkten (A, B) in eine Horizontalebene entstehen.



Messung

Die Horizontalwinkelmessung besteht aus zwei, von einem Standort aus, nacheinander ausgeführten horizontalen Richtungsmessungen nach zwei verschiedenen Zielpunkten. Der horizontale Richtungswinkel wird dabei im Uhrzeigersinn gemessen; von den beiden Richtungsmessungen wird eine als Rückblick R und die andere als Vorblick V bezeichnet.



Berechnung

$$\beta = V - R = \text{Winkel links zum Vorblick} \quad (V < R \quad +4009)$$

Beispiele für die Horizontalwinkelmessung

Bussole

Visur	Azimet	$\beta = V - R$
V 2 - 3	160	53
R 2 - 1	107	
V 3 - 4	41	81
R 3 - 2	360	

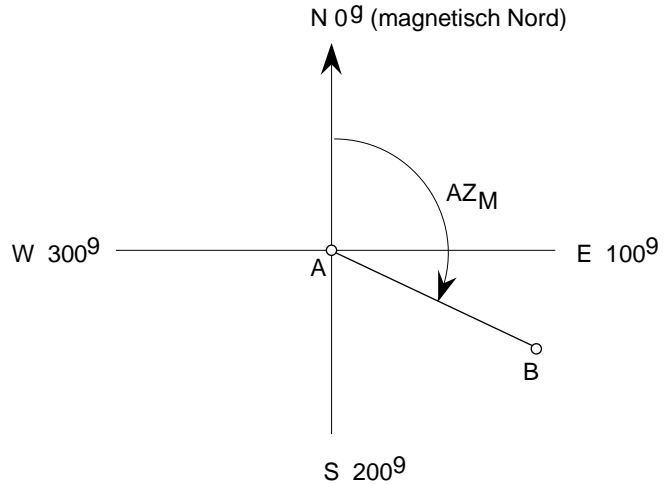
Theodolit Wild T0 5

Visur	Horizontalwinkel	
	FRL I	FRL II
V 8-9	361.68	161.69
R 8-7	187.01	387.00
V - R	174.67	174.69
β 8		174.68
Visur	FRL I	FRL II
V 9-10	163.69	363.69
R 9-8	337.59	137.59
V - R	226.10	226.10
β 9		226.10

Das Azimut

Magnetisches Azimut AZ_M

Winkel zwischen magnetischer Nordrichtung und der Richtung einer beliebigen Strecke AB

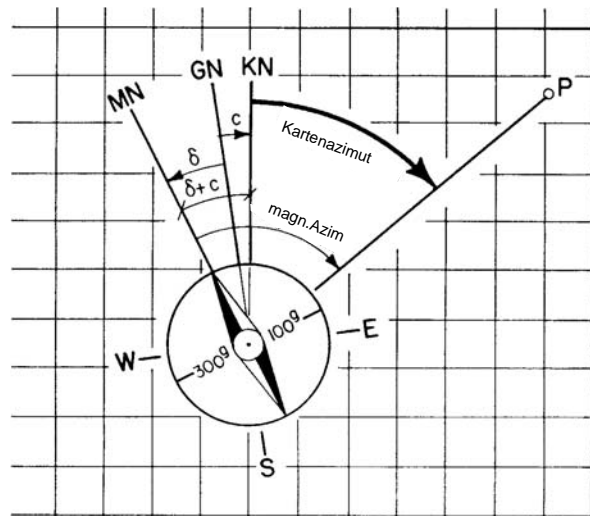


Kartendeklination KD

δ : Magnetische Deklination, Abweichung des magnetischen Nordens MN vom geographischen Norden GN

c : Meridiankonvergenz, Abweichung des geographischen Nordens GN vom Kartennorden KN

$\delta+c$: Kartendeklination KD, Abweichung des magnetischen Nordens MN vom Kartennorden KN



Kartenazimut AZ_K : $AZ_K = AZ_M - KD$ Magnetisches Azimut AZ_M : $AZ_M = AZ_K + KD$

Bestimmung der Kartendeklination KD:

- Herauslesen aus der Landeskarte der Schweiz (1: 25'000, 1: 50'000)

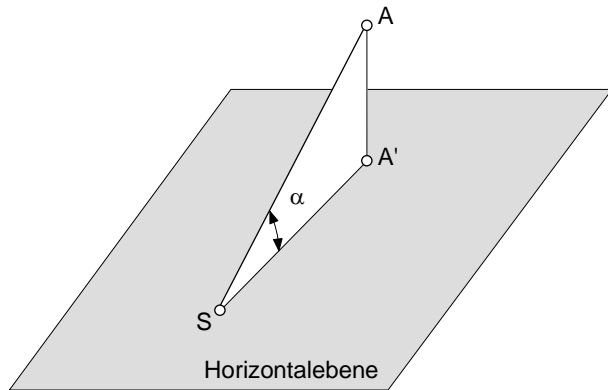
oder

- Bestimmen mit Bussole oder Bussolentheodolit des magnetischen Azimuts AZ_M von zwei Punkten mit bekannten Koordinaten und Berechnen des Kartenazimuts AZ_K aufgrund der Koordinaten der zwei bekannten Punkte $\longrightarrow KD = AZ_M - AZ_K$

Vertikalwinkelmessung

Definition des Vertikalwinkels

Der Vertikalwinkel α ist der Winkel zwischen der Horizontalen SA' und der Richtung der Ziellinie SA in der Vertikalebene

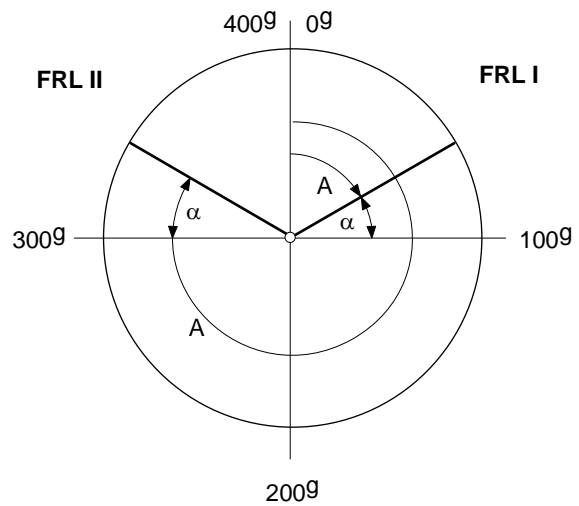


Vertikalwinkelmessung mit dem Theodolit

Wild TO 5 und Wild TO 6

Fernrohrlage I (FRL I): $\alpha = 100^g - A^g$

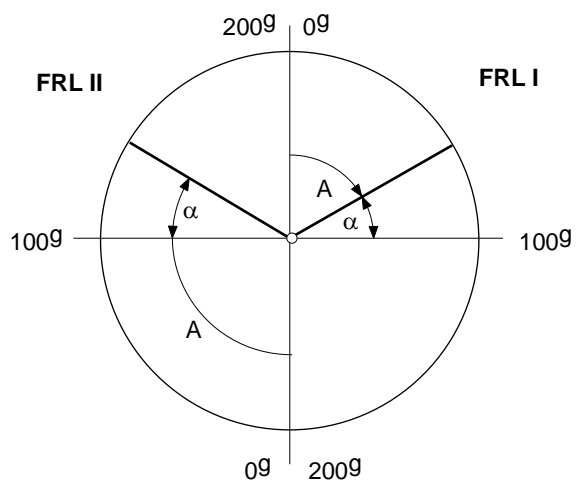
Fernrohrlage II (FRL II): $\alpha = A^g - 300^g$



Wild TO

Fernrohrlage I (FRL I): $\alpha = 100^g - A^g$

Fernrohrlage II (FRL II): $\alpha = A^g - 100^g$



A: Ablesung des Vertikalwinkels

4.3 Längenmessung

Definition der Länge: Unter der Länge einer Strecke wird in der Vermessung grundsätzlich die Horizontalabstand verstanden.

Direkte Längenmessung

Prinzip: Ermittlung der Länge einer Strecke durch unmittelbares Messen mit Messband, Doppelmeter, Setzlatte oder Messlatte.

Bedingung: Strecke auf ihrer gesamten Länge begehbar.

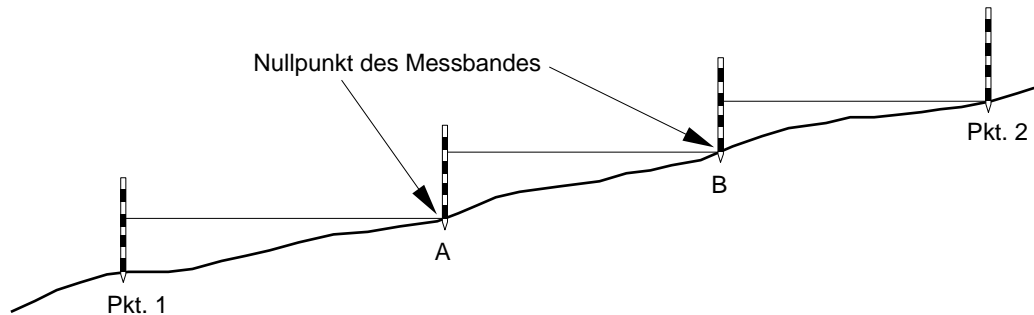
Verfahren: - Staffelmessung
- Reduktionsverfahren (Schrägmessung mit nachfolgender Neigungskorrektur)

Wichtig: Zur Aufdeckung von Mess- und Rechnungsfehlern sind in der Regel zwei Messungen durchzuführen (Hin- und Rückmessung).

Staffelmessung mit dem Messband:

Mit dem Messband wird eine Staffelmessung vorgenommen, wenn die Länge einer Strecke nicht mit einer einzigen horizontalen Messung bestimmt werden kann (Distanz zu lang oder Hangneigung zu gross).

Prinzip: - Unterteilen der Strecke in Teilstrecken durch Einvisieren von Hilfspunkten in die Gerade
- Messen der horizontalen Teilstrecken



Protokoll

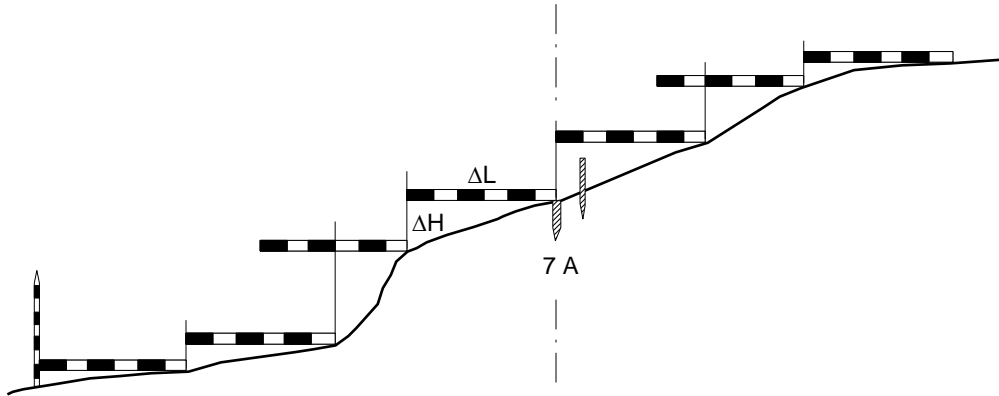
Punkt Nr.	Hinmessung		Rückmessung		Mittel	Bemerkungen
	d	Δd	d	Δd		
Pkt 1	0.00		41.55			
A	15.62	15.62	27.67	13.88		
B	28.35	12.73	16.13	11.54		
Pkt 2	41.53	13.18	0.00	16.13		
Σ 1 - 2		41.53		41.55	41.54	

Direkte Längenmessung

Staffelmessung mit Setzlatte und Jalon:

Die Staffelmessung mit Setzlatte und Jalon wird insbesondere angewendet bei der Profilaufnahme im Bauwesen (Quer- und Längsprofile).

Prinzip: Aufnahme des Geländeverlaufs durch Messen von Horizontalabständen und Höhenunterschieden



Protokoll

Querprofile

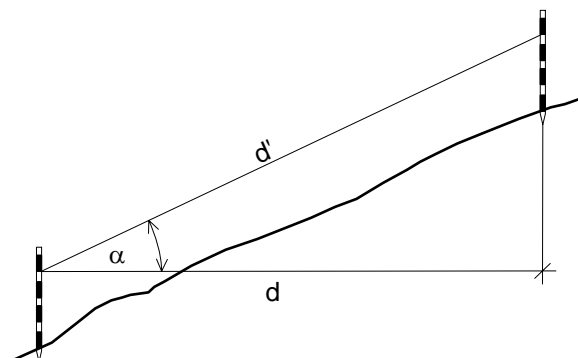
links				Profil-Nr.	rechts				Bemerkungen
L	ΔL	ΔH	H		L	ΔL	ΔH	H	
0.0			0.0	7A	0.0			0.0	
3.0	3.0	-1.0	-1.0		3.0	3.0	+1.3	+1.3	
4.5	1.5	-2.5	-3.5		5.0	2.0	+1.2	+2.5	
7.5	3.0	-0.9	-4.4		8.0	3.0	+0.4	+2.9	
10.5	3.0	-0.5	-4.9						

Reduktionsverfahren (Schrägmessung mit nachfolgender Neigungskorrektur)

Prinzip:

- Messen der Schrägdistanz d' der Strecke und Bestimmen der Neigung α
- Umrechnen der Schrägdistanz d' auf die Horizontalabstand d

$$d = d' \cdot \cos \alpha$$



Fehlerquellen bei der Längenmessung mit dem Messband

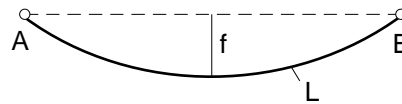
Grobe Fehler:

- Falsches Ablesen (verwechseln von Zahlen, falsche Auffassung der Bandrichtung, Dezimeter- und Meterfehler) !
- Falsches Anlegen des Bandanfanges (nicht beim Nullpunkt) !

Systematische Fehler:

- Durchhang des Messbandes !

$$\Delta L = \frac{8 \cdot f^2}{3 \cdot L}$$



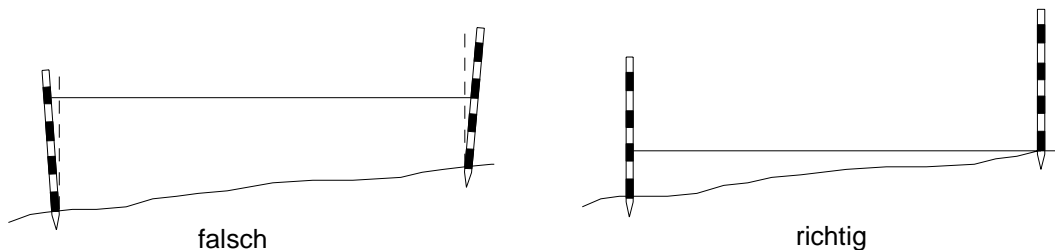
f : Durchhang
L : Bandlänge
 ΔL : Durchhangfehler

Zur Vermeidung des Durchhangfehlers kurze Bandlängen wählen (15 - 20 m)

- Falsche Bandlänge (Messband von Zeit zu Zeit eichen) !
- Abweichen von der Geraden bei der Staffelmessung
- Abweichen von der Horizontalen (Messband nicht horizontal)

Zufällige Fehler:

- Ungenaueres Senkrechtstellen der Jalons !!

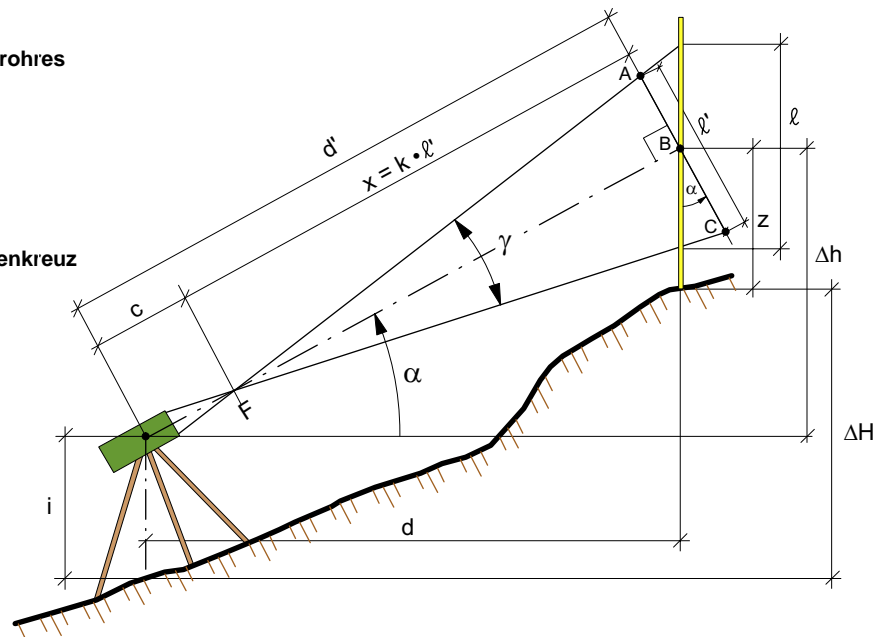
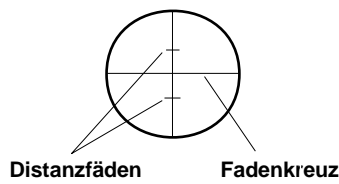


- Ungenaueres Anlegen des Messbandes bei der Staffelmessung (nicht genau beim Bodenpflock oder nicht genau in Jalonmitte)
- Unscharfes Ablesen (nicht genau in Jalonmitte, ungenaues Runden)

Optische Distanzmessung

Prinzip: Ermittlung der Distanz über optisch ermittelte Hilfsgrößen, d.h. mit optischen Mitteln wird ein sogenanntes paralaktisches Dreieck mit den Größen γ , ℓ erzeugt und daraus d' berechnet und in der Folge unter Berücksichtigung von α die Horizontalabstanz d .

Strichplatte des Fernrohres



Bezeichnungen

d : Horizontalabstanz	γ : Paralaxwinkel
d' : Schrägdistanz	ℓ : Lattenabstanz definiert durch die Distanzfäden
c : Additionskonstante	i : Instrumentenhöhe
k : Multiplikationskonstante	z : Lattenablesung am horizontalen Hauptfaden
α : Vertikalwinkel	F : Brennpunkt des Objektivs

Berechnung der Horizontalabstanz

$$d = (c + k \cdot \ell) \cos^2 \alpha \quad \text{schräge Visur}$$

$$d = c + k \cdot \ell \quad \text{horizontale Visur}$$

Moderne Instrumente: $c = 0$ $k = 100$

$$d = 100 \cdot \ell \cdot \cos^2 \alpha \quad \text{schräge Visur}$$

$$d = 100 \cdot \ell \quad \text{horizontale Visur}$$

Berechnung des Höhenunterschiedes ΔH

$$\Delta H = d \cdot \tan \alpha + (i - z)$$

4.4 Höhenbestimmung

Verfahren

Höhenbestimmung mit der Setzlatte (siehe Abschnitt 4.3 Längenbestimmung)

Höhenbestimmung im Rahmen der optischen Distanzmessung (siehe Abschnitt 4.3)

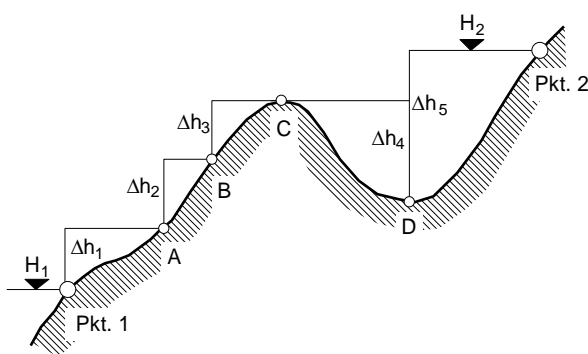
Nivellement

Nivellement

Prinzip: Bestimmung von Höhen bzw. Höhenunterschieden durch horizontales Anvisieren von senkrecht gestellten Nivellierlaten

Arten von Nivellements

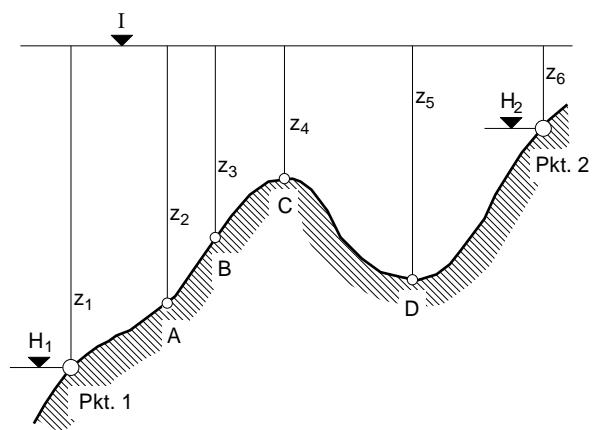
Streckennivellement



Prinzip: Bestimmung der Punkthöhe aufgrund von Höhendifferenzen

$$H_2 = H_1 + [\Delta h_i]$$

Flächennivellement



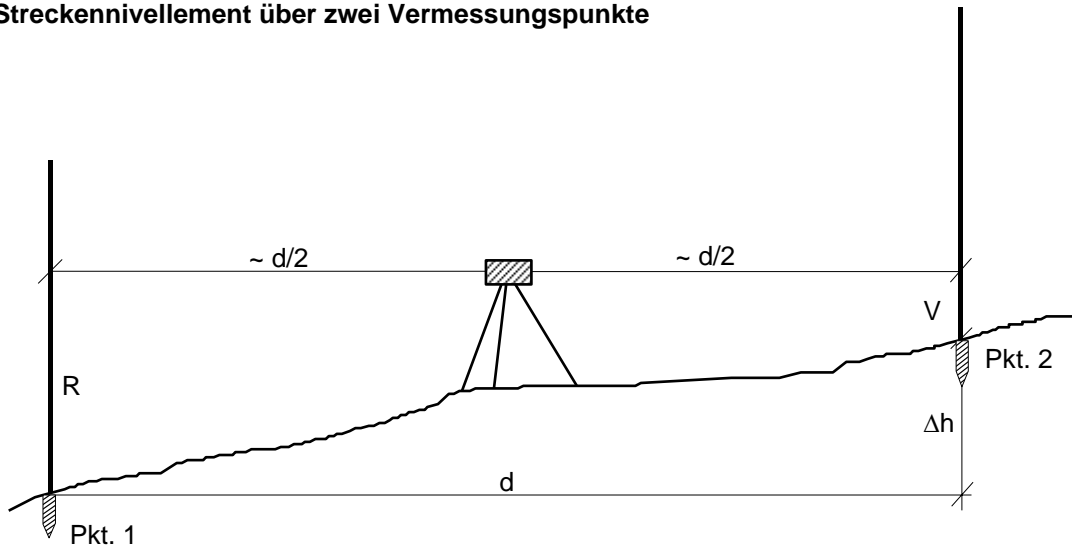
Prinzip: Bestimmung der Punkthöhe aufgrund der Höhe einer Horizontalebene

$$I = H_1 + z_1$$

$$H_2 = I - z_6$$

Streckennivellement

Streckennivellement über zwei Vermessungspunkte

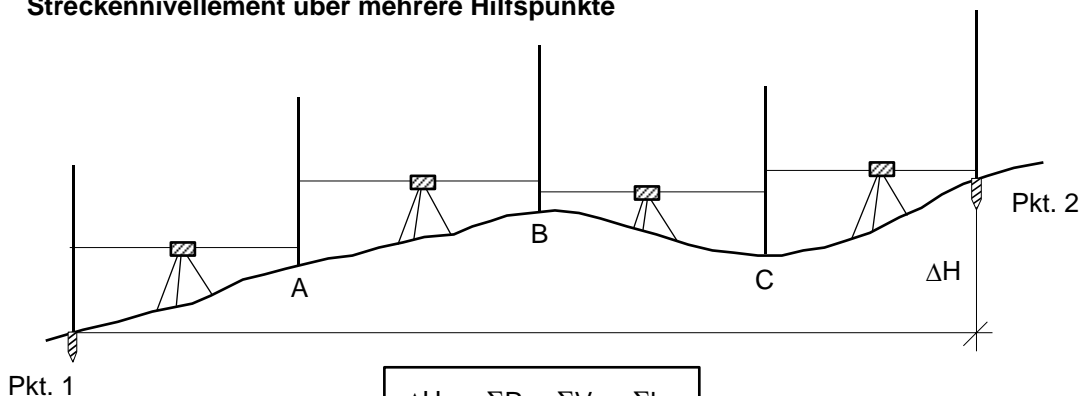


R : Rückblick
V : Vorblick

$$\Delta h = R - V$$

Schätzung der Millimeter auf der Nivellierlatte: $d \leq 30 \text{ m}$

Streckennivellement über mehrere Hilfspunkte



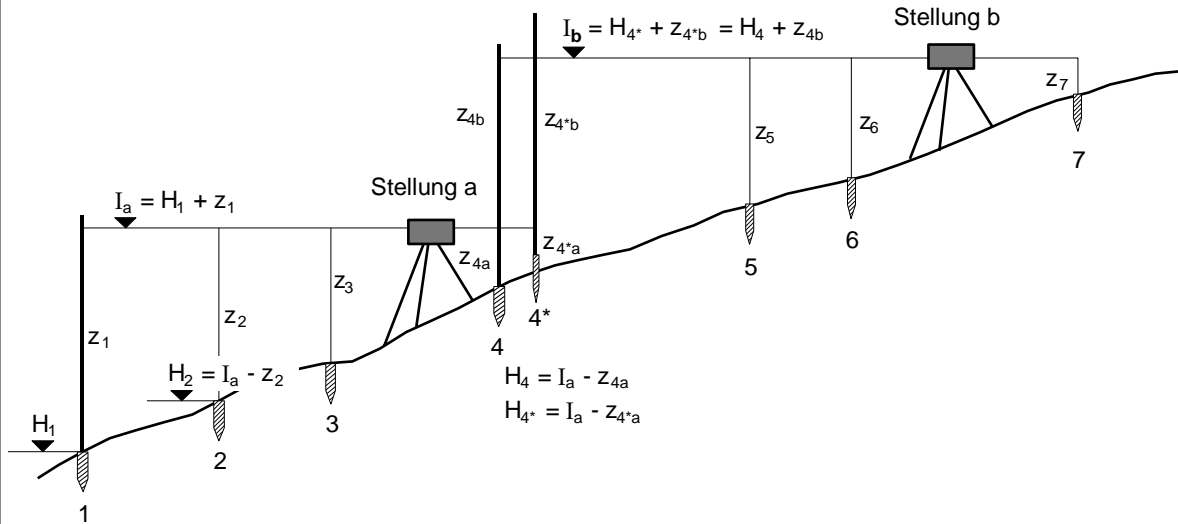
$$\Delta H = \sum R_i - \sum V_i = \sum h_i$$

Punkt Nr.	Rückblick R (m)	Vorblick V (m)	R - V	Punkthöhe H	Bemerkungen
Pkt. 1				100.000	fiktive Höhe
A	2.462	1.162	1.300	101.300	
B	1.834	0.832	1.002	102.302	
C	1.236	1.595	-0.359	101.943	
Pkt. 2	2.152	1.627	0.525	102.468	
Σ	7.684	5.216	2.468	H2 - H1 =	2.468

Vorteile: genaue Methode. keine Auswirkungen bei einem Ziellinienfehler
Nachteile: aufwendige Methode, Fehlerfortpflanzung

Flächennivellement

Prinzip



- H : Punkthöhe
- I : Instrumentenhorizont
- z : Lattenablesung
- 4* : Kontrollpunkt bei der Umstellung des Gerätes

Beispiel

Pkt. Nr.	z	I	H	Bemerkungen
1	3.73	1053.73	1050.00	Höhe über Meer
2	2.50		1051.23	
3	1.09		1052.64	
4	0.69		1053.04	
4*	0.46		1053.27	
4*	3.41	1056.68	1053.27	←
4	3.64	1056.68	1053.04	←
5	2.25		1054.43	
6	1.36		1055.32	
7	0.53		1056.15	
			etc.	

Vorteile: schnelle Methode. keine Fehlerfortpflanzung
 Nachteile: negative Auswirkungen bei einem Ziellinienfehler

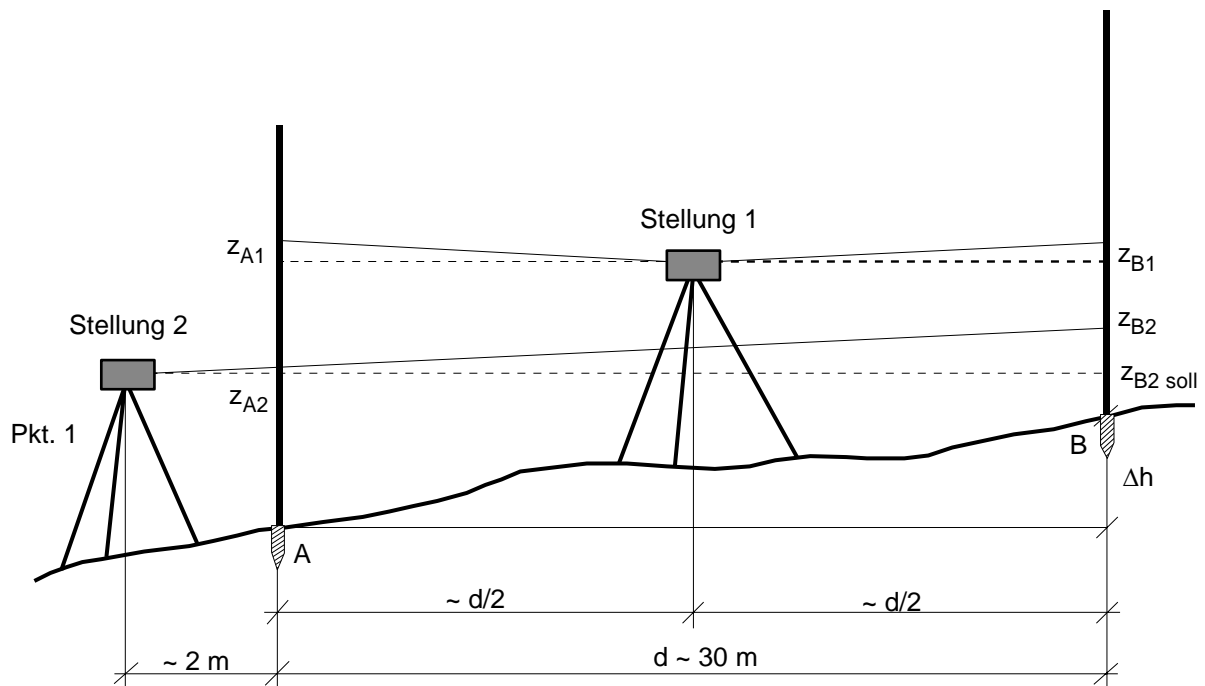
Nivellierprobe

Zweck: Kontrolle der Ziellinie (horizontal)

Prinzip: Bestimmung des Höhenunterschiedes zwischen zwei Punkten von zwei verschiedenen Instrumentenstandorten aus:

- Standort 1 in der Mitte zwischen den beiden Punkten
- Standort 2 in unmittelbarer Nähe eines der beiden Punkte (Abstand ca. 2 m)

Messvorgang



$$\Delta h_1 = z_{A1} - z_{B1}$$

$$\Delta h_2 = z_{A2} - z_{B2}$$

$$\Delta h_1 = \Delta h_2 \longrightarrow \text{keine Justierung}$$

$$\Delta h_1 \neq \Delta h_2 \longrightarrow \text{Justierung}$$

Justierung

$$\Delta h_1 = z_{A2} - z_{B2 \text{ soll}} \longrightarrow z_{B2 \text{ soll}} = z_{A2} - \Delta h_1$$

Libellennivelliergerät:

- Einstellen des Horizontalstriches des Fadenkreuzes mit der Kippschraube auf die Sollablesung $z_{B2 \text{ soll}}$
- Korrektur des Ausschlags der Blase der Röhrenlibelle mit der Libellenjustierschraube

Automatisches Nivelliergerät

Einstellen des Horizontalstriches des Fadenkreuzes mit der Justierschraube auf die Sollablesung $z_{B2 \text{ soll}}$

4.5 2D- bzw. 3D-Positionsbestimmung

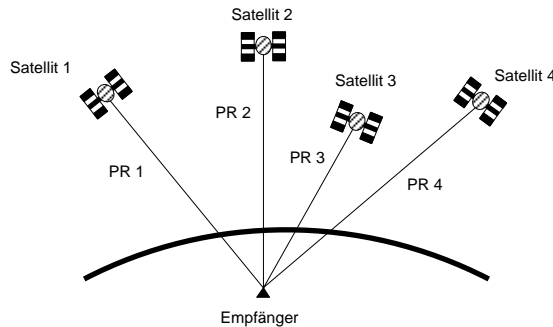
Verfahren der GPS-Positionsbestimmung

Absolute Messverfahren

Prinzip: Bestimmung der Position des Empfängers in einem globalen Referenzsystem durch die simultane Messung der Pseudoentfernungen des Empfängers zu mindestens vier Satelliten (Einzelpunktbestimmung)

Merkmale:

- Messverfahren benötigt 1 GPS-Empfänger
- Messresultate sofort verfügbar (Koordinaten in Echtzeit)



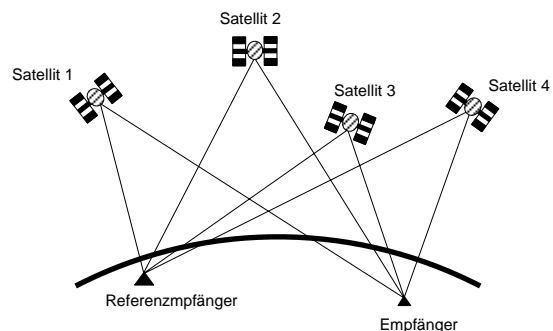
- Messdauer: einige Sekunden
- Genauigkeit: ca. 2 - 10 m für den C/A-Code bei günstigen Messbedingungen
- Anwendungen: Kartenherstellung, Geophysik, militärische Zwecke, Navigation zu Land, auf dem Wasser und in der Luft

Relative Messverfahren (DGPS-Differential GPS)

Prinzip: Bestimmung der Position des Empfängers in Relation zu derjenigen eines Referenzempfängers mit bekannten Koordinaten durch die simultane Messung der Pseudoentfernungen der Empfänger zu mindestens vier gleichen Satelliten und durch nachfolgende Positionskorrekturen

Merkmale:

- Messverfahren benötigt mindestens 2 GPS-Empfänger
- Referenzempfänger auf einem Punkt mit bekannten Koordinaten
- Messresultate nur bei Funkverbindung zwischen den Empfängern sofort verfügbar



- Messdauer: wenige Sekunden bis mehrere Stunden
- Genauigkeit: 0.001 - 10 m je nach Entfernung der Referenzstation, Empfängertyp, Messmethode
- Anwendungen: Landes- und Ingenieurvermessung, Geophysik, Navigation, Kartierung (Aufnahme von Strassen, Waldflächen, Biotopen, Rutschflächen, Lawinenablagerungsgebieten usw.)

5. Absteckungs- und Aufnahmeverfahren

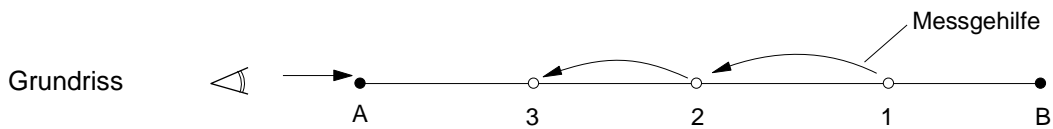
5.1 Absteckung von Geraden

Festlegung

Festlegung von Geraden im Gelände: - zwei Punkte im Normalfall
- ein Punkt und ein Richtungswinkel im Ausnahmefall

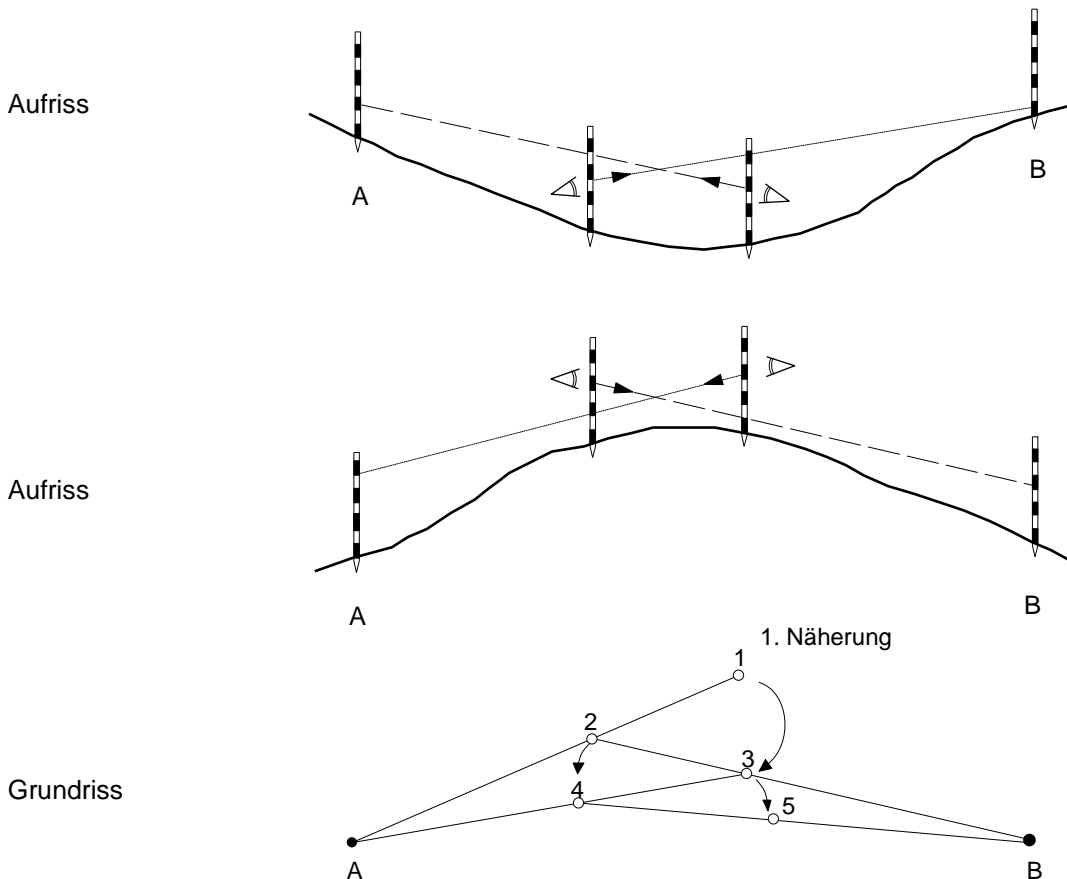
Einvisieren von Zwischenpunkten

Einvisieren über die beiden die Gerade bestimmenden Jalons

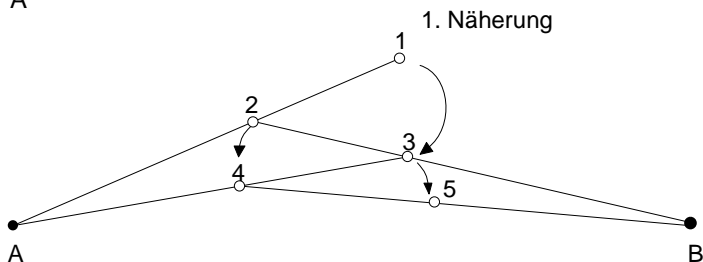


Beobachter: Visur entlang Jalonkante und mit einem Auge, 1 - 2 m von A
Messgehilfe: Jalon pendelnd zwischen Daumen und Zeigefinger halten

Einvisieren von Zwischenpunkten in die Gerade bei fehlender Sicht im Tobel und auf Kuppe

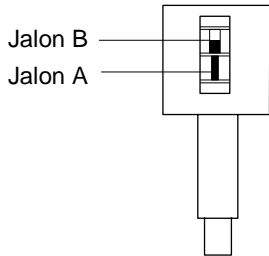


Grundriss

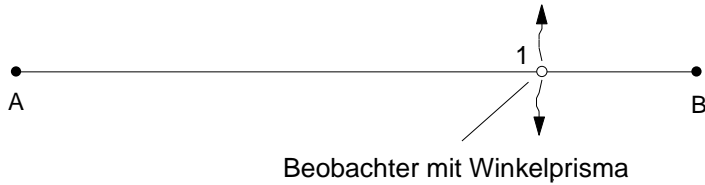


Einvisieren von Zwischenpunkten

Selbständiges Einvisieren mit dem Doppelpentaprisma

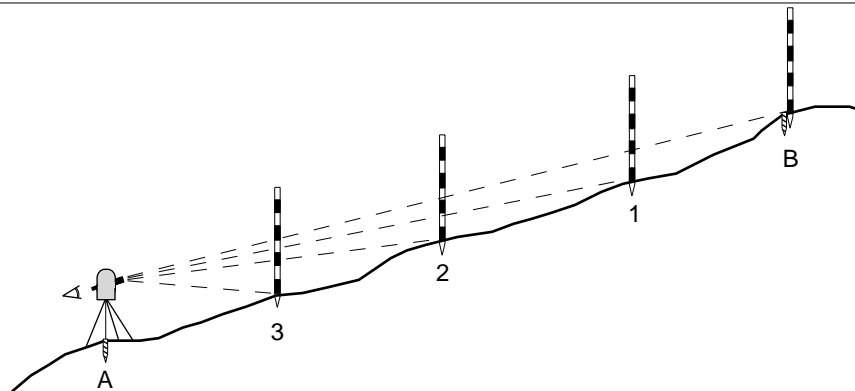


Grundriss

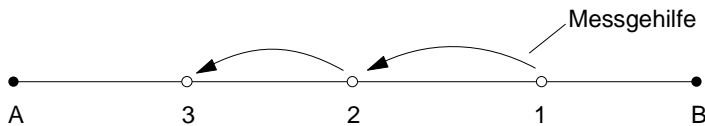


Einvisieren mit dem Theodolit

Aufriss

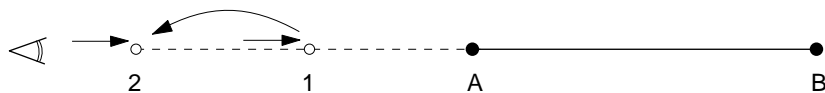


Grundriss



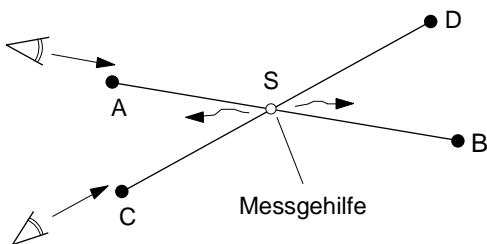
Rückwärtsverlängerung von Geraden im Einmannverfahren

Grundriss

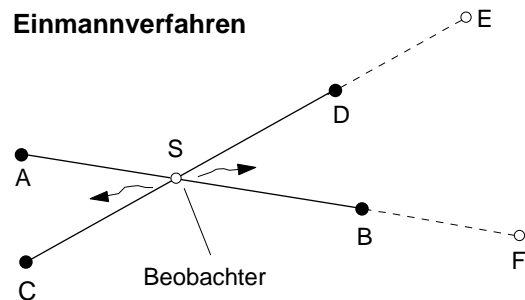


Festlegung des Schnittpunktes von zwei Geraden

Dreimannverfahren



Einmannverfahren



5.2 Absteckung von rechten Winkeln

Anwendung und Geräte

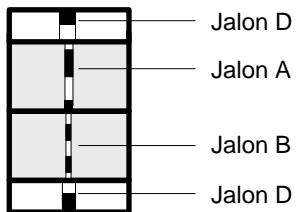
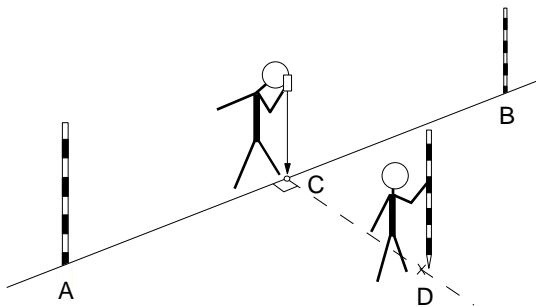
Anwendung: Absteckungen im Bauwesen (Kurven- und Wendeplattenabsteckung bei Strassenprojekten), orthogonale Aufnahmemethode, Probeflächen u. a.

Geräte:

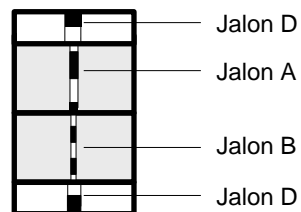
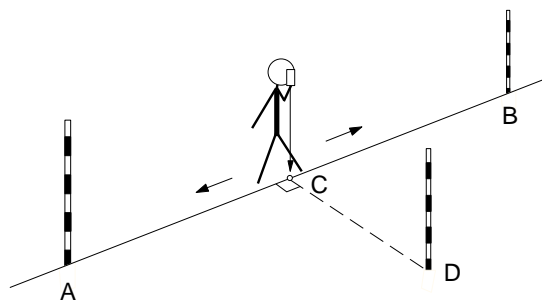
- Winkelprisma
- Bussole
- Theodolit
- Messband

Absteckung rechter Winkel mit dem Winkelprisma

Errichten eines Lotes

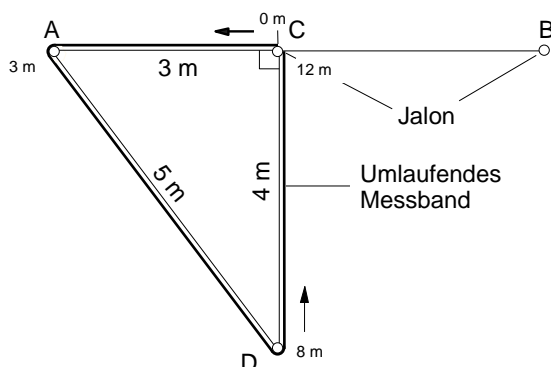


Fällen eines Lotes

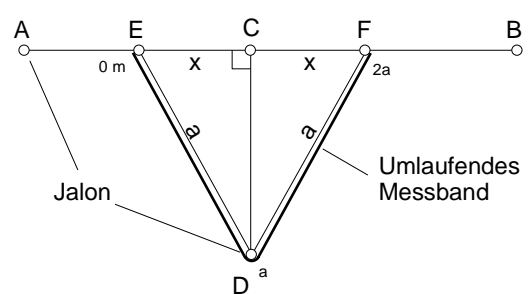


Absteckung rechter Winkel mit dem Messband

Rechtwinkliges Dreieck (Pythagoras)



Gleichschenkliges Dreieck

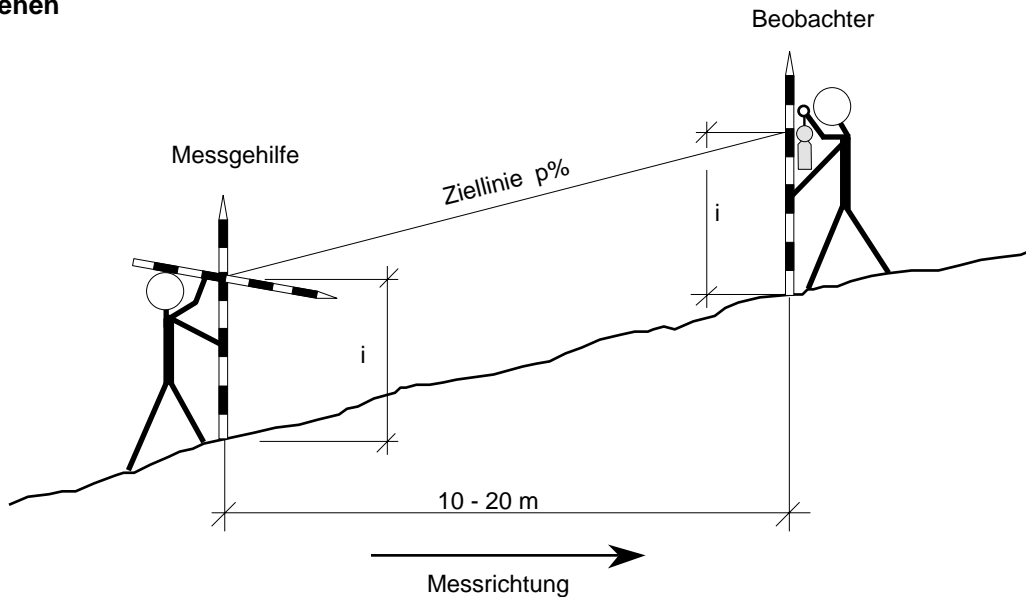


5.3 Absteckung von Linien mit vorgegebener Neigung

Anwendung: Abstecken der Nulllinie von Strassen und Maschinenwegen

Geräte: Gefällsmesser + Visierkreuz (Jalonkreuz)

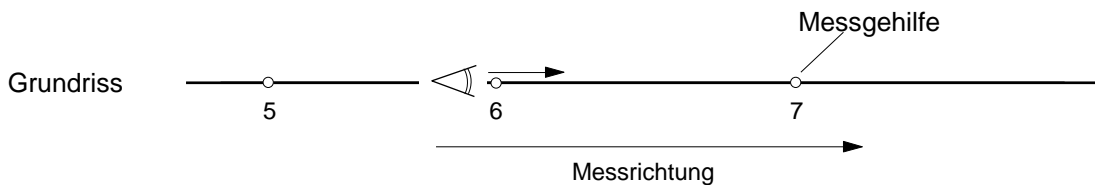
Vorgehen



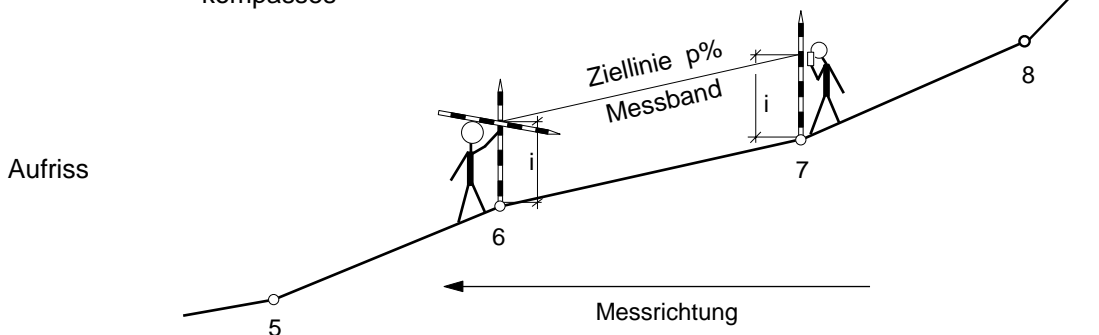
5.4 Absteckung und Aufnahme von Seillinien

Geräte: Wyssenkompass (Bussole mit integriertem Gefällsmesser), 3 Jalons, Messband

1. Durchgang: Abstecken der Linie als Gerade mit der Bussole des Wyssenkompasses



2. Durchgang: Messen der Schrägdistanz mit dem Messband und der Geländeneigung mit dem Gefällsmesser des Wyssenkompasses



5.5 Aufnahme von Polygonzügen

Zweck und Geräte

Zweck: Bestimmung der Polygonwinkel, der Länge der Polygonseiten und des Höhenunterschiedes zwischen den Polygonpunkten im Hinblick auf die Ermittlung der Koordinaten und der Höhen der Polygonpunkte eines Polygonzuges

Geräte:

- Polygonwinkel: Theodolit, Bussole
- Polygonseiten: Theodolit, Messband
- Höhenunterschiede: Theodolit, Nivelliergerät

Aufnahme des Polygonzuges mit dem Theodolit

Formeln für die Berechnung der Messgrößen:

- Polygonwinkel: $\beta = V - R = \text{Winkel links zum Vorblick}$
 - Polygonseite: $d = (c + k \cdot \ell) \cos^2 \alpha$
 - Höhenunterschiede: $\Delta h = d \cdot \tan \alpha + i - z$

Protokoll

POLYGONZUG		Projekt : Lufts Schloss		Datum : 13. 7. 93						
				Wetter : leichter Regen						
				Instrument : Wild TO 5						
Visur	Horizontalwinkel		Optische Längenmessung							
	FRL I	FRL II	ℓ	A	FRL	α	d	i	z	Δh
V 8-9	361.68	161.69	0.176	94.27	I	5.73	17.46	1.29	1.39	1.48
R 8-7	187.01	387.00	0.196	110.81	I	-10.81	19.04	1.29	1.40	-3.37
V - R	174.67	174.69								
β 8		174.68								
Visur	FRL I	FRL II	ℓ	A	FRL	α	d	i	z	Δh
	V 9-10	163.69	363.69	0.529	93.72	I	6.28	52.39	1.41	1.06
R 9-8	337.59	137.59	0.176	105.41	I	-5.41	17.47	1.41	1.39	-1.47
V - R	226.10	226.10								
β 9		226.10								

ℓ : Lattenausschnitt definiert durch die Distanzfäden
 A : Ablesung des Vertikalwinkels
 i : Instrumentenhöhe
 z : Lattenablesung am horizontalen Hauptfaden

5.6 Verfahren der Lageaufnahme

Zweck und Anwendung

Zweck: - Ermittlung der Lage, der Form und der Grösse von Flächen, wie z. B. Waldbestände, Schlagflächen, Windwurfflächen, Grundstücke, Biotope, Rutschgebiete usw.
- Bestimmung der Lage von wichtigen Objekten im Gelände, wie z.B. Gebäude, Verkehrswege, Gewässer, Leitungen, Natur- und Kulturdenkmäler usw.

Anwendung: - Nachführung von Bestandeskarten und Waldschadenkarten, Aufnahme von kleineren Biotopen, von Natur- und Kulturdenkmälern von Probeflächen usw.
- Projektierung von Waldstrassen, Wildbachverbauungen, Rutschungssanierungen, Entwässerungen und Lawinenverbauungen.

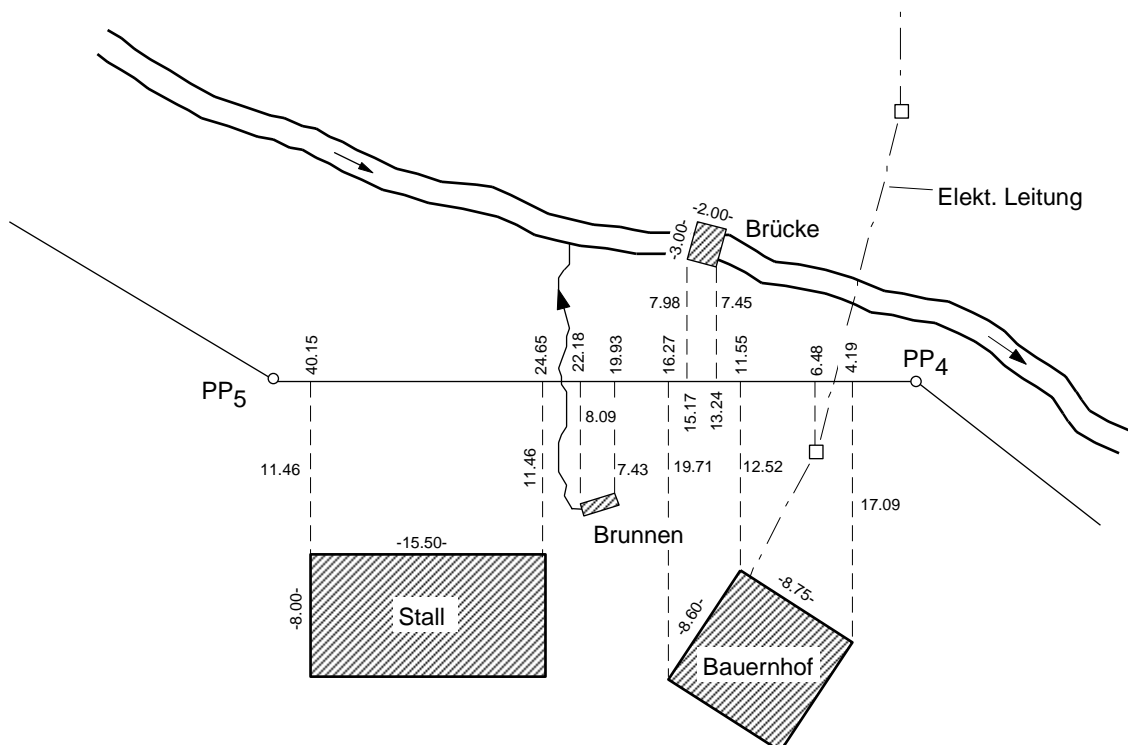
Orthogonale Aufnahmemethode

Prinzip: Ermitteln der Lage der einzumessenden Objekte mittels rechtwinkliger Koordinaten

Vorgehen: 1. Festlegen der Abszisse (Polygonseite)
2. Bestimmen der Senkrechten zur Abszisse, die durch die einzumessenden Punkte gehen
3. Messen der laufenden Länge der Abszisse
4. Messen der einzelnen Ordinaten

Der Aufnahmeleiter konstruiert laufend die Vermessungsskizze und protokolliert die Masse

Geräte: Jalons, Messband, Doppelpentaprisma (Bussole)



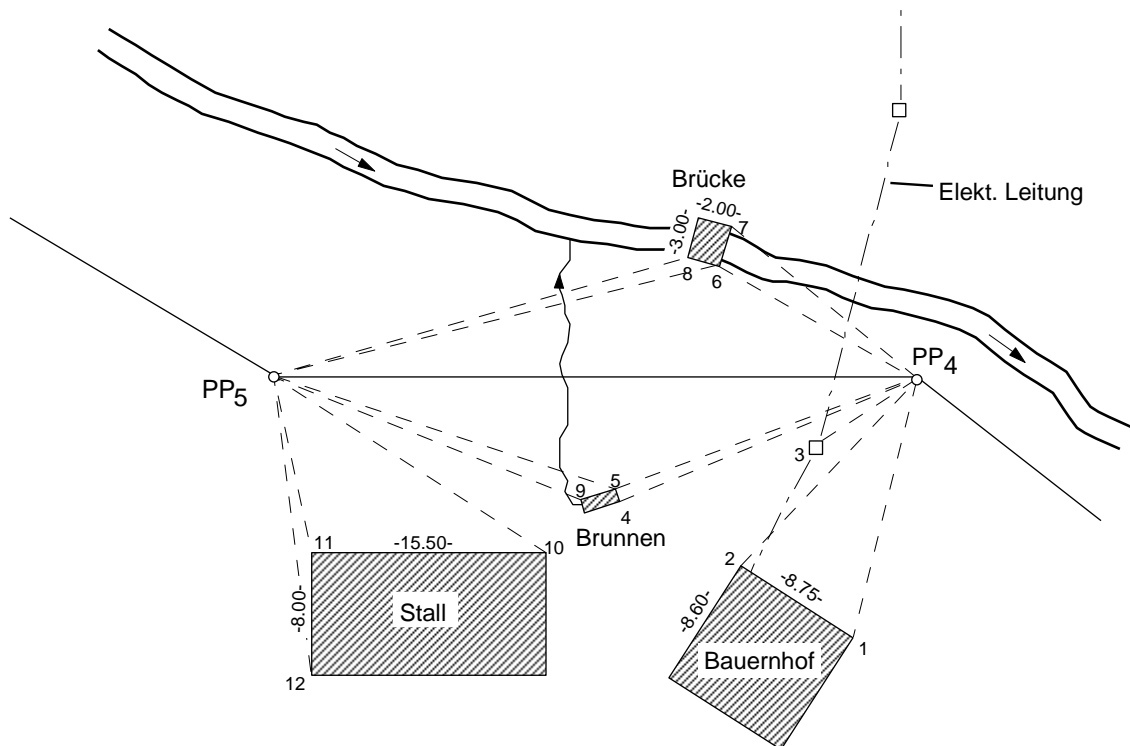
Polare Aufnahmemethode

Prinzip: Ermitteln der Lage der einzumessenden Objekte mittels polaren Koordinaten

- Vorgehen:**
1. Festlegen des Pols (PP₄ bzw. PP₅)
 2. Messen der Distanzen zwischen dem Pol (PP₄ bzw. PP₅) und den einzumessenden Punkten
 3. Messen des Richtungswinkels vom Pol zu einem Fixpunkt (PP₅ bzw. PP₄)
 4. Messen der Richtungswinkel vom Pol zu den einzumessenden Punkten

Der Aufnahmeleiter konstruiert laufend die Vermessungsskizze und protokolliert die Masse

Geräte: Jalons, Messband und Bussole
oder
Theodolit und Nivellierlatte.



5.7 Längenprofil- und Querprofilaufnahme

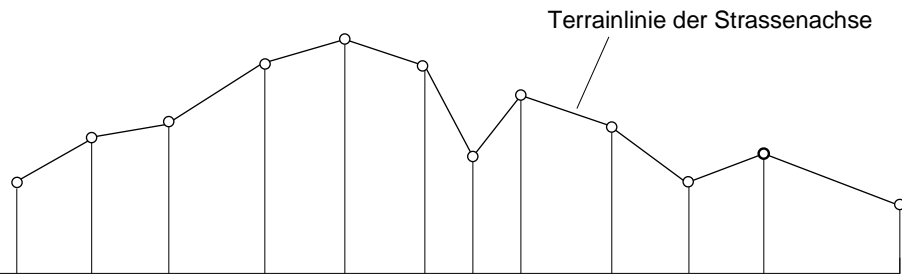
Längenprofil

Definition: Das Längenprofil ist ein Vertikalschnitt durch die Erdoberfläche längs einer im Gelände oder auf dem Plan festgelegten Leitlinie, die bei Verkehrsanlagen (z.B. Straßen) meistens die Achse des zukünftigen Bauwerks, bei Wildbachverbauungen der Bachlauf und bei Rutschsanierungen die Falllinie des Hanges ist. Das Längenprofil stellt somit den Verlauf der Leitlinie in der Vertikalebene (Aufriss) dar.

Aufnahme und Darstellung des Längenprofils

Längenprofil einer Waldstrasse

Längen: 1 : 1'000
Höhen: 1 : 100

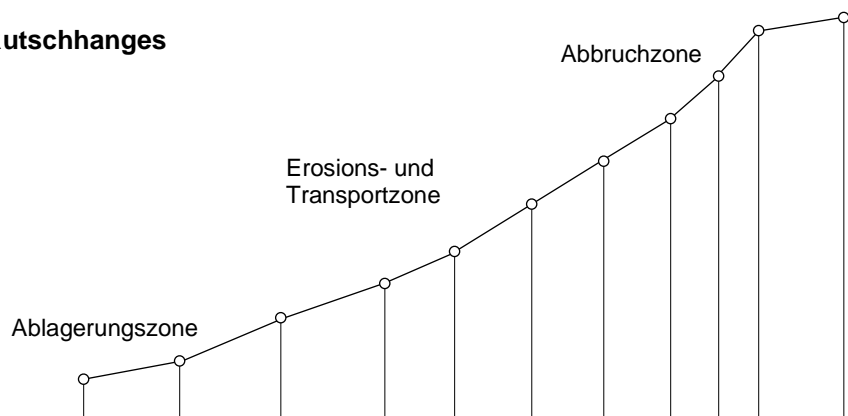


Profil	1	2	3	4A	5M	6E	7	8	9A	10M	11E	12
Zwischendistanz (m)	10.2	10.0	12.5	10.6	10.6	6.5	6.4	11.8	10.1	10.1	17.7	
Geländehöhe (m)	501.13	501.75	501.96	502.75	503.69	502.72	501.48	502.32	501.91	501.18	501.53	500.90

Aufnahme mit Nivelliergerät und Messband

Längenprofil eines Rutschhanges

Masstab: 1 : 1'000



Punkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Laufende Länge (m)	0.0	12.8	26.3	40.0	49.1	59.4	68.7	77.5	83.9	89.1	100.5
Geländehöhe (m)	505.5	508.4	513.9	518.4	522.5	529.0	534.8	540.2	546.0	551.9	553.5

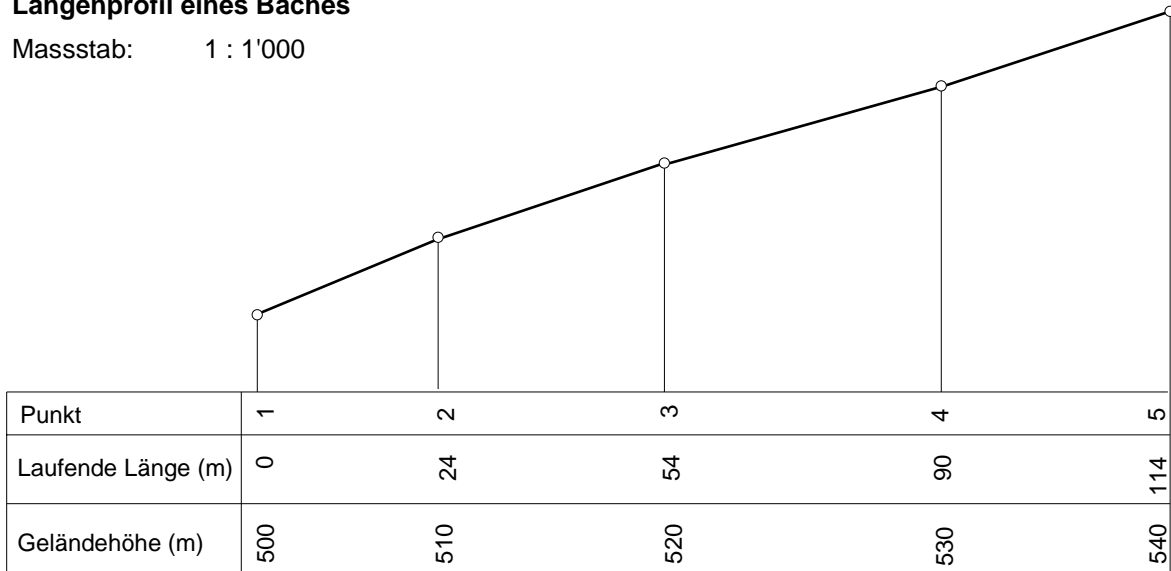
Aufnahme mit Gefällsmesser und Messband (S. 42) oder mit Setzlatte und Jalon (S. 42)

Längenprofil

Aufnahme und Darstellung des Längenprofils

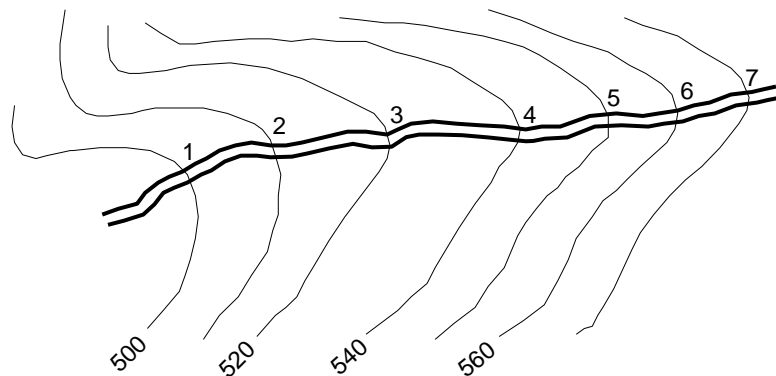
Längenprofil eines Baches

Massstab: 1 : 1'000



Aufnahme:

Bestimmen der Längen und Höhen aus der topographischen Karte



Topographische Karte (1 : 1'000)

Querprofile

Definition: Querprofile sind Vertikalschnitte durch die Erdoberfläche, die senkrecht zu einer im Gelände oder auf dem Plan festgelegten Leitlinie stehen. Die Querprofile stellen somit den Geländeverlauf senkrecht zur Leitlinie dar. Sie werden insbesondere für die Bearbeitung des Entwurfs von Bauwerken (Strassen, Lawinen- Hang- und Wildbachverbauungen) sowie für die Erdmassenberechnung benötigt.

Aufnahme: Im Forstwesen werden Querprofile in der Regel mit Setzlatte und Jalon (S. 42) oder ausnahmsweise im sehr steilen Gelände mit Gefällsmesser und Messband (S. 42) aufgenommen.

Zeichnungsmaßstab: 1 : 100 (1 : 50, 1 : 200)

Literaturverzeichnis

- Bauer, M. : Vermessung und Ortung mit Satelliten. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1992.
- Chaperon, F. : Vermessungskunde. Vorlesung an der ETH Zürich, Abt. VIII, Zürich, 1985.
- Grossmann, W. Geodätische Rechnungen und Abbildungen in der Landesvermessung. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 1976.
- Hofmann-Wellenhof, B. : GPS, Theory and Practice. Springer Verlag Wien New York, 1992.
Lichtenegger, H.; Collins, J.
- Kahmen, H. : Vermessungskunde. Walter de Gruyter, Berlin, 1993.
- King, R.W.; Masters, E.G. : Surveying with Global Positioning System, - GPS - . Ferd. Dümmers Verlag, Bonn, 1987.
Rizos, C.; Stolz, A.; Collins, J.
- Kuonen, V. : Wald- und Güterstrassen. Eigenverlag des Verfassers, Pfaffhausen, 1984.
- Kuntz, E : Kartennetzentwurfslehre, Grundlagen und Anwendungen. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1983.
- Mäder, Ch. Kartographie für Geographen. Geographisches Institut der Universität Bern, 1992.
- Maling, D.H. : Coordinate Systems and Map Projections. George Philip & Son Ltd, London, 1973.
- Pearson, F. : Map Projections: Theory and Applications. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1990.
- Seeber, G. : Satellitengeodäsie. Walter de Gruyter • Berlin • New York, 1989.
- Torge, W: Geodesy. Walter de Gruyter • Berlin • New York, 1980.
- Vanicek, P.; Edward, J. : Geodesy: The Concepts. Amsterdam, 1986.
- Witte, B.; Schmidt, H. : Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 1991.