

EINFÜHRUNG IN DIE VERMESSUNG



Lukas Richner

Universität Basel, FS 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	2
1.1	Zweck der Vermessung	2
1.2	Geschichte	2
1.2.1	Ursprung.....	2
1.2.2	Vermessungsgeschichte der Schweiz.....	2
1.3	Teilgebiete der Vermessung.....	3
2	Grundlagen.....	4
2.1	Mathematische Grundlagen.....	4
2.1.1	Masseinheiten	4
2.1.2	Azimut.....	4
2.1.3	Fehlertheorie.....	4
2.2	Koordinatensysteme	6
2.2.1	Grundlagen	6
2.2.2	Ellipsoidische Koordinatensysteme.....	7
2.2.3	Das Schweizer Koordinatensystem	7
3	Amtliche Vermessung der Schweiz	8
4	Karten der Schweiz.....	10
5	Bezugsorte der Pläne, Karten und geografischen Daten	11
6	Messen und Auswerten.....	12
6.1	Messmethoden und Instrumente	12
6.2	Bestandteile der Instrumente	13
6.3	Orthogonalaufnahme.....	15
6.4	Nivellement	15
6.5	Software	17
6.5.1	CAD	17
6.5.2	Geoinformationssysteme	17
6.5.3	GIS vs. CAD.....	17
6.6	Ablauf einer Vermessung	18
6.7	Messmethoden in der Archäologie	20
7	Anhang	21
7.1	Quellenverzeichnis	21
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	22
7.3	Tabellenverzeichnis	22
7.4	Literaturverzeichnis.....	23
7.5	Glossar.....	25
7.6	Repetitionsfragen.....	26

1 Einführung

1.1 Zweck der Vermessung

„Ziel der Vermessung ist die Bestimmung der gegenseitigen Lage und Höhe von Punkten und ihre Darstellung in Plänen, Karten oder Modellen.“ (Bigler u. a. 2006, 1-1)

1.2 Geschichte

1.2.1 Ursprung

Bereits die Völker des Altertums haben mit Hilfe von Seilen und Stäben Längen, Flächen, Winkel sowie Höhen aufgenommen und abgesteckt. Die Ägypter beispielsweise haben nach jeder Nilüberschwemmung mit Hilfe von Seilen mit gleichmässigen Knoten die Parzellengrenzen neu erstellt. Rappenglück setzt den Ursprung der Messkunst in die Zeit der Megalithenkultur.¹

Die Festschrift „Zur Geschichte des Vermessungswesens“ von Klemp/Minow (1995) bietet einen Einblick in die Geschichte der Vermessung.



Abb. 1 Seilspanner (Harpodonapten) am Vermessen (<http://www.lohnt-nicht.de/schule/Gym-Aichach/Mathe-9a/Lernpfad-Pythagoras/Inhalt/Bilder/seilsp.gif> [Stand: 23.01.2015])

1.2.2 Vermessungsgeschichte der Schweiz

Einige wichtige Daten der Schweizer Vermessungsgeschichte:²

- 1796-1802: Erste „genaue“ Karte der Schweiz „Atlas de la Suisse“ von Meyer (Abb. 2)
- 1833-1837: Triangulationsnetz über die ganze Schweiz
- 1864: Dufourkarte (Abb. 3)
- 1864-1891: Höhenfixpunktnetz über die ganze Schweiz
- 1870-1910: Topografischer Atlas der Schweiz (Siegfriedkarte, Abb. 4)
- 1903-1925: Gesamtschweizerisches Fixpunktnetz im Rahmen der Landesvermessung (LV03)
- 1954: Erste Ausgabe der Landeskarten
- 1995: Neue Landesvermessung (LV95), die auf einem satellitengestützten Grundlagenetz aufbaut

¹ Huser 2014 / Rappenglück 1995, 9

² Matthias u. a. 1980, 12–50

31.12.2013: Stand der amtlichen Vermessung (AV): 12.5% der Schweizerfläche sind noch nicht vermessen.³

2014: Neue Landeskarte



Abb. 2 Atlas de la Suisse (Matthias u. a. 1980, 12)



Abb. 3 Dufourkarte (Matthias u. a. 1980, 17)



Abb. 4 Siegfriedkarte (Matthias u. a. 1980, 19)

1.3 Teilgebiete der Vermessung

Die Vermessungsarbeiten können unterteilt werden in die Grösse des zu vermessenden Gebietes, in rechtliche Gesichtspunkte und in Arbeitsgebiete wie nachfolgend kurz erläutert.

Auf Grund der **Grösse** des zu vermessenden Gebietes kann zwischen „Geodäsie“ und „Vermessung“ unterschieden werden. Bei der „Geodäsie“ werden grosse Gebiete vermessen, hierbei muss die Kugelform der Erde berücksichtigt werden. Bei der „Vermessung“ werden kleinere Gebiete vermessen und die Kugelform wird nicht berücksichtigt.

Eine weitere Unterteilungsmöglichkeit ist die Einteilung nach **rechtlichen** Gesichtspunkten, „Amtliche Vermessung (AV)“, „Landesvermessung“ und „Private Vermessung“. Die AV und die Landesvermessung sind durch Gesetze und Verordnungen geregelt. Bei der „Privaten Vermessung“ sind Verfahren, Methoden und Fehlergrenzen auftragsbedingt (z.B. Bauvermessung).

Die Vermessung kommt in verschiedenen **Arbeitsgebieten** zum Einsatz. Die bekanntesten sind Amtliche Vermessung, Ingenieurvermessung (Bau-, Tunnel- und Bergbauvermessung), Fahrzeugnavigation, Geländemodelle, Hydrografische Vermessung, Geoinformatik und Entwicklung von Computerprogrammen.

³ Cadastre (Hg.) 2014

2 Grundlagen

2.1 Mathematische Grundlagen

2.1.1 Masseinheiten

In der Vermessung werden die SI-Einheiten benützt (Système International d'Unités).

Grad, Gon, Radiant und Artilleriepromille sind die Einheiten der Winkelmessung (Tab. 1). In der Vermessung wird in der Regel die Einheit Gon verwendet. Sie wird auch „Dezimals Winkelsystem“ genannt. Die 400 gon eines Vollkreises erleichtern das Lösen von Rechenaufgaben.

Bezeichnung	¼ Kreis	Halbkreis	Vollkreis
Grad	90°	180°	360°
Gon	100 gon	200 gon	400 gon
Radiant	$\pi/2$ rad	π rad	2 π rad
Artilleriepromille	1600 ‰	3200 ‰	6400 ‰

Tab. 1 Unterschiedliche Winkleinheiten (eigene Tabelle)

Als Längenmass wird der Meter benützt. Seine Definition lautet wie folgt: „1 Meter ist die Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Dauer von 1/299792458 Sekunden durchläuft.“ (Bigler u. a. 2006, 2-2).

Als Flächenmass dient der Quadratmeter. Für Grundstücke werden zusätzlich noch die Are (1a = 100m²) und die Hektare (1ha = 100a = 10'000 m²) verwendet.

2.1.2 Azimut

Azimut dient als Richtungsangabe. Das Azimut (Z_A^B) bezeichnet den Winkel von einem Punkt A aus zwischen Kartennord und einer beliebigen Richtung (Abb. 5). Das Gegenazimut (Z_B^A) wird durch das Addieren oder Subtrahieren von 200 gon zum Ausgangsazimut erhalten.

Die Formel für die Azimutberechnung lautet: $Z_1^2(t_{1,2}) = \arctan(\Delta y : \Delta x)$. Für die Herleitung der Formel siehe Abb. 6.

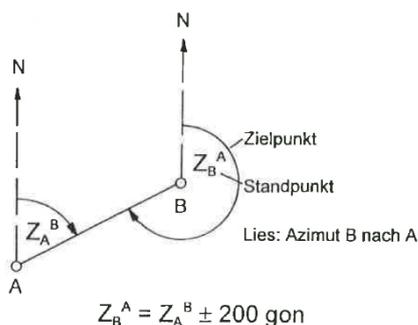


Abb. 5 Azimut zwischen zwei Punkten (Bigler u. a. 2006, 8-5)

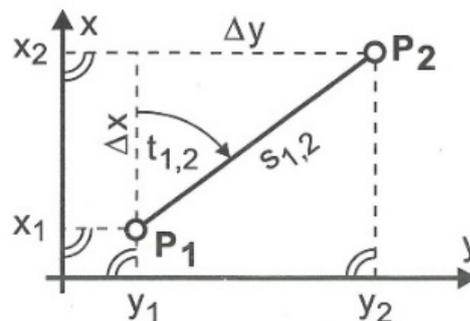


Abb. 6 Azimut Berechnung (Gruber/ Joeckel 2009, 37)

2.1.3 Fehlertheorie

In der Vermessung gilt der Grundsatz „Keine Messung ist fehlerfrei“. Die Fehler werden anhand ihrer Entstehung in Gruppen eingeteilt. Es gibt grobe, systematische und zufällige Fehler. Durch schuldhaftes Versehen entstehen grobe Fehler. Diese können durch erneutes Messen aufgedeckt werden. In der Vermessung wird daher jedes nicht kontrollierte Mass als falsch betrachtet. Die systematischen Fehler entstehen durch schlecht justierte Messinstrumente und unsachgemäßes Messen. Jede Messung enthält aufgrund von unvermeidbaren Restungenauigkeiten einen zufälligen Fehler.

Die Restungenauigkeiten verteilen sich nach der Gauss'schen Glockenkurve (Abb. 7). Vom höchsten Punkt der Kurve bis zu ihrem Wendepunkt ist die Standardabweichung (1 Sigma). Sie wird als Mass für die Genauigkeit verwendet. 2/3 aller Messungen sind genauer als die Standardabweichung. 1/20 aller Messungen haben eine grössere Abweichung als die doppelte Standardabweichung. Eine grössere Abweichung als die dreifache Standardabweichung hat nur 1/370 aller Messungen. In der Vermessung wird diese Abweichung Maximalfehler genannt.

Gauss'sche Glockenkurve

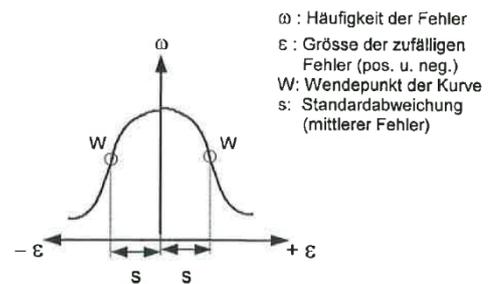


Abb. 7 Gauss'sche Glockenkurve (Bigler u. a. 2006, 3-1)

Der effektive Fehler einer Messung kann nur berechnet werden, wenn der wahre Soll-Wert bekannt ist. Ohne Soll-Wert kann nur der mittlere Fehler berechnet werden. Voraussetzung dazu sind mehrere Messresultate. Folgende Formeln dienen dem Berechnen des Mittelwertes, der Standardabweichung und der Genauigkeit des Mittelwertes:

$$M = \frac{z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n}{n}$$

$$v = M - z \quad vv = v^2$$

$$s = \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

n = Anzahl der Einzelmessungen

z = Einzelmessungen

s = Standardabweichung

M = Mittelwert

m = Genauigkeit Mittelwert

Zur Illustration werden nun die Formeln an einem Beispiel angewendet:

$$M = \frac{107.45 + 107.47 + 107.44 + 107.48 + 107.46}{5} = 107.460 \text{ m}$$

Messung z	v (cm)	vv (cm ²)
107.45 m	+1	1
107.47 m	-1	1
107.44 m	+2	4
107.48 m	-2	4
107.46 m	0	0

$$s = \sqrt{\frac{10}{5-1}} = \pm 1.6 \text{ cm}$$

$$m = \frac{1.6}{\sqrt{5}} = \pm 0.7 \text{ cm}$$

$$\text{Resultat} = 107.46 \pm 0.007 \text{ m}$$

2.2 Koordinatensysteme

2.2.1 Grundlagen

Koordinatensysteme bestehen aus einem Bezugssystem, einem Projektionssystem und einem Bezugsrahmen.

1. Bezugssystem

Die Form der Erde ist ein Geoid. Durch diese Tatsache kann die Erde durch mathematische Formeln nicht exakt abgebildet werden. Es ist möglich, ein physikalisches Modell der Erdfigur (Erdgeoid) herzustellen. Dieses Modell eignet sich nicht als mathematische Bezugsfläche, daher wird die Erde vereinfacht als Ellipsoid dargestellt. Je nach Koordinatensystem wird ein anderes Ellipsoid verwendet (Abb. 9). Die Lage, Grösse und Form des Ellipsoids definiert das Bezugssystem. Zwischen dem Geoid, dem Ellipsoid und der effektiven Erdoberfläche gibt es eine Differenz (Abb. 8).

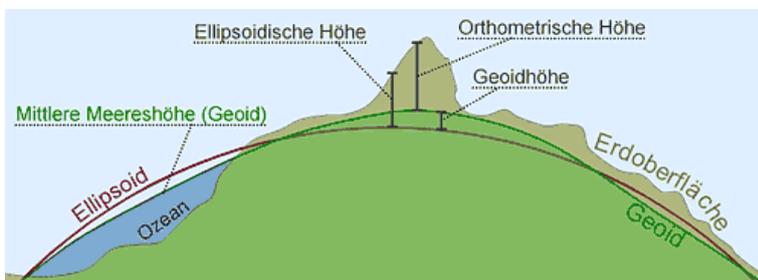


Abb. 8 Differenz zwischen Geoid, Ellipsoid und Erdoberfläche
(<http://www.kowoma.de/gps/geo/mapdatum.htm> [Stand: 23.01.2015])

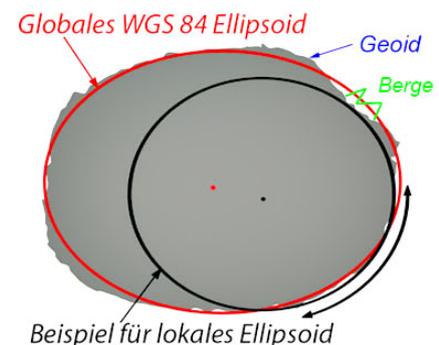


Abb. 9 Bezugssysteme
(http://www.senotto.de/Tipps_Tricks/GPS/DigitaleKarten/Erde.jpg [Stand: 23.01.2015])

2. Projektionssystem

Um die Erdoberfläche oder ein Teil von ihr in der Ebene abzubilden, wird ein Projektionssystem benötigt. Es gibt drei verschiedene Hauptprojektionsarten. Bei der Azimutalprojektion entspricht die Bildfläche der Tangentialebene (Abb. 10). Ist die Bildfläche ein Zylindermantel, wird von einer Zylinderprojektion gesprochen (Abb. 11). Bei der dritten Art entspricht die Bildfläche dem Kegelmantel (Kegelprojektion, Abb. 12). Da die Erdoberfläche eine „Kugelform“ hat, kann sie nicht ohne Verzerrung abgebildet werden. Sie kann entweder längen-, flächen- oder winkeltreu abgebildet werden.

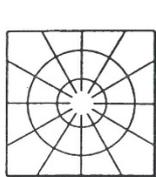


Abb. 10 Azimutalprojektion
(Bigler u. a. 2006, 8-2)

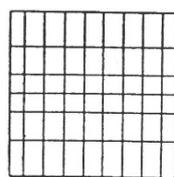


Abb. 11 Zylinderprojektion
(Bigler u. a. 2006, 8-2)

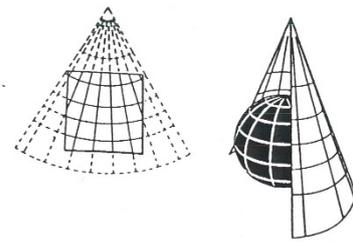


Abb. 12 Kegelprojektion
(Bigler u. a. 2006, 8-2)

3. Bezugsrahmen

Als Drittes braucht das Koordinatensystem noch einen Bezugsrahmen. Dieser ist durch verteilte Fixpunkte und deren Koordinaten definiert. Alle raumbezogenen Daten werden darin eingepasst. Jedes Land hat sein eigenes Bezugssystem. Dies muss bei grenzüberschreitenden Vermessungsarbeiten berücksichtigt werden.

2.2.2 Ellipsoidische Koordinatensysteme

Bei ellipsoidischen Koordinatensystemen kommen verschiedene Bezugssysteme zur Anwendung. Eines ist das World Geodetic System 1984 (WGS84). Es wird unter anderem für GNSS Systeme verwendet. Es werden zwei Koordinatenarten unterschieden, ellipsoidisch geografische und ellipsoidisch kartesische Koordinaten (Abb. 13).

Bei den ellipsoidisch geografischen Koordinaten wird von Breitengraden und Längengraden gesprochen. Die Breitengrade sind parallel zum Äquator und werden auch Parallelkreise genannt. Durch die Pole laufen die Längengrade (Meridiane). Der Nullmeridian geht durch Greenwich (Sternwarte in London). Die Höhen werden nur selten angegeben.

Das Zentrum der ellipsoidisch kartesischen Koordinaten befindet sich im Schwerpunkt der Erde. Z weist zum Nordpol hin. X geht in Richtung 0° Länge und Breite. Y weist 90° nach Ost.

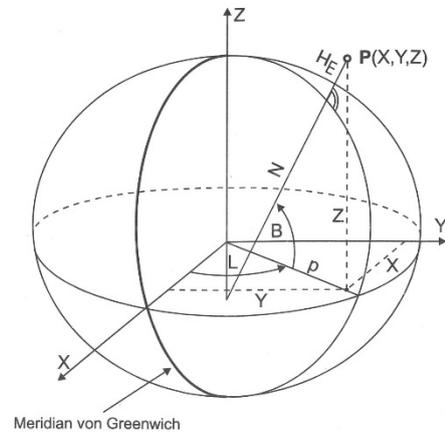


Abb. 13 Ellipsoidische Koordinaten
(Gruber/ Joeckel 2009, 109)

Im Internet können über <http://tools.retorte.ch/map/> einzelne Koordinaten in die jeweilige andere Koordinatenart umgerechnet werden.

2.2.3 Das Schweizer Koordinatensystem

Das Schweizer Koordinatensystem hat aktuell das Bezugssystem CHGeo2004. Als Projektionssystem hat es eine winkeltreue, schiefachsige Zylinderprojektion mit Berührungspunkt in Bern. Dies verursacht einen Flächenverzug von bis zu 4m² pro ha. Die Distanzen auf dem Berührungskreis des Zylinders sind längentreu. Es gibt folgende vier Bezugsrahmen: LV03, LN02, LV95 und LHN95.

Ab ca. 1900 wurde die Landesvermessung (LV03) aufgebaut. Als Fundamentalpunkt dient die alte Sternwarte in Bern ($y = 600\,000\text{ m}$ / $x = 200\,000\text{ m}$). Der Nullpunkt ist in Bordeaux. Zwischen Genf und dem Unterengadin gibt es eine Differenz zwischen der realen und der aus den Koordinaten resultierenden Distanz von zwei bis drei Metern.

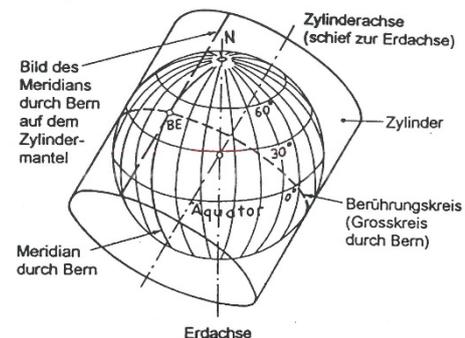


Abb. 14 Projektionssystem der Schweiz
(Bigler u. a. 2006, 8-3)

Um die Messabweichung des Bezugsrahmen LV03 zu eliminieren, verfolgt das Bundesamt für Landestopografie eine neue, satellitengestützte, hochgenaue Landesvermessung (LV95) seit ca. 1985. Der neue Fundamentalpunkt ist die Geostation Zimmerwald bei Bern ($E = 2\,600\,000\text{ m}$ / $N = 1\,200\,000\text{ m}$). Beim Vergleich von LV03 Koordinaten und LV95 Koordinaten eines Punktes stellt man eine Abweichung von einigen Zentimeter bis 1.5 m fest.

Das Landesnivellementnetz LN02 hat seine Ursprünge im 19. Jahrhundert. Insgesamt beinhaltet es ca. 8000 Nivellementfixpunkte, welche über die ganze Schweiz verteilt sind. Der «Repère Pierre du Niton» in Genf mit einer Höhe von 373.6 m. ü. M. dient als Ausgangspunkt.

Im Zusammenhang mit der Landesvermessung LV95 entstand auch ein neuer Höhenbezugsrahmen der LHN95. Dieser neue Bezugsrahmen berücksichtigt auch kinematische Phänomene (tektonische Hebung der Alpen). Die Höhen des LN02 und des LHN95 unterscheiden sich maximal um 50 cm.

3 Amtliche Vermessung der Schweiz

Das Erheben der Grundstücksgrenzen und deren Nachführung ist die Hauptaufgabe der amtlichen Vermessung (AV). Dies dient der Sicherung des Grundeigentums. Die AV erstellt den Grundbuchplan, den Basisplan, ein digitales Terrainmodell (DTM), verwaltet die Gebäudeadressen und diverse Geodienste. Des Weiteren legt die amtliche Vermessung die Grundlage für andere geografische Daten wie Zonenplan, Stadt- und Ortsplan, dreidimensionale Stadtmodell oder den Leitungskataster. Die Finanzierung und die Aufgaben der amtlichen Vermessung teilen sich Bund, Kanton und Gemeinde. Die Vermessung selbst wird von privaten Vermessungsbüros und städtischen Vermessungsämtern durchgeführt.



Abb. 15 Organisation der AV (Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.) 2011, 15)

Die Gesetzesgrundlage der AV bildet Art. 950 Abs. 1 des ZGB: „Die Aufnahme und Beschreibung der einzelnen Grundstücke im Grundbuch erfolgt auf der Grundlage der amtlichen Vermessung, namentlich eines Plans für das Grundbuch.“ Des Weiteren gibt es Verordnungen von Bund und Kantonen über die AV. Die Wichtigsten sind folgende: Verordnung über die amtliche Vermessung (VAV), Technische Verordnung des VBS über die amtliche Vermessung (TVAV) und das Geoinformationsgesetz (GeolG).

Zur amtlichen Vermessung gehören die Lagefixpunkte (LFP) und Höhenfixpunkte (HFP) zweiter und dritter Ordnung. Das Bundesamt für Landestopografie swisstopo ist für die LFP und HFP erster und zweiter Ordnung zuständig. Für die Fixpunkte dritter Ordnung sowie die Grenzpunkte (Hoheitsgrenzpunkte und Parzellengrenzpunkte) sind die Kantone und der Nachführungsgeometer zuständig. Als Versicherung der Punkte können Steine, Bolzen, Kreuze, Eisen usw. dienen (Abb. 16). Die Schweiz ist in fünf Toleranzstufen (TS) unterteilt, welche sich in der Genauigkeit der Punkte unterscheiden. Dies sind Stadtgebiete (TS 1), überbaute Gebiete und Bauzonen (TS 2), intensiv genutzte Land- und Forstwirtschaftsgebiete (TS 3), extensiv genutzte Land- und Forstwirtschaftsgebiete (TS 4), Sömmerungsgebiete und unproduktive Gebiete (TS 5). Die TVAV regelt die Genauigkeitsanforderung (Abb. 17 - Abb. 19) der Toleranzstufen.

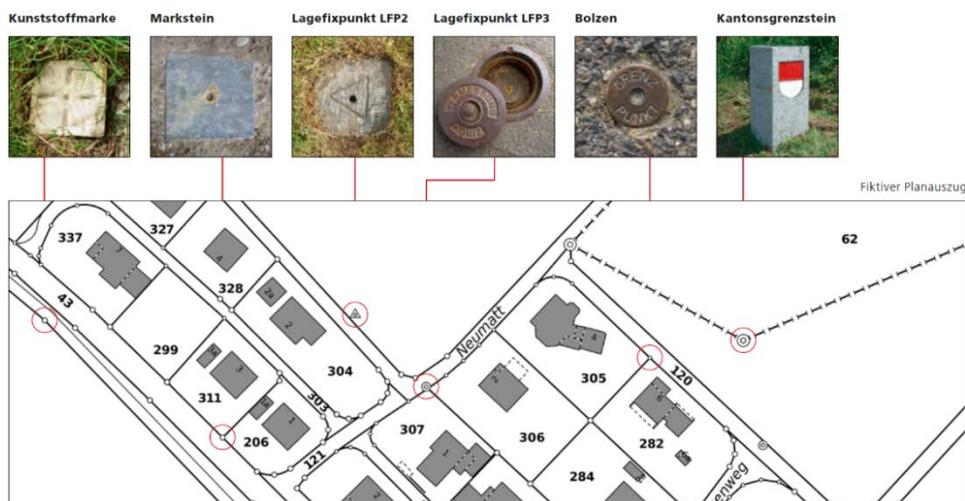


Abb. 16 Versicherungsarten des Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.) 2011, 13

Punktkategorie	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5
LFP2	3	3	3	8	8
LFP3	*	5	5	10	10
HFP 1/2/3**	*	10	20	50	100
*	gemäß kantonalen Vorschriften, mindestens aber wie TS2				
**	gemäß Genauigkeitsanforderungen für die Informationsebenen «Bodenbedeckung» und «Einzelobjekte»				

Punktkategorie	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5
LFP2	4,5	4,5	12	12	
LFP3**	*	7,5	7,5	15	15
HFP2 (nivelliert)	*	0,5	0,5	-	-
HFP2 (GNSS)	3,0	3,0	4,0	5,0	-
HFP3	*	0,5	-	-	-
*	gemäß kantonalen Vorschriften, mindestens aber wie TS2				
**	sofern keine HFP3 vorhanden sind				

Abb. 17 Lagegenauigkeit LFP und HFP in cm (Art. 28 Abs. 1 TVAV) Abb. 18 Höhengenaugigkeit LFP und HFP in cm (Art. 28 Abs. 2 TVAV)

TS2	TS3	TS4	TS5
3.5	7	15	35

Abb. 19 Lagegenauigkeit Grenzpunkte in cm (Art. 28 Abs. 1 TVAV)

4 Karten der Schweiz

Beim Arbeiten mit Karten müssen die unterschiedlichen Nordrichtungen bekannt sein. Es gibt drei verschiedene (Abb. 20). Das geografische Nord ist der jeweiliger Ortsmeridian. Das magnetische Nord oder auch Kompass-Nord ist weder in Lage, zeitlich noch örtlich konstant. Des Weiteren gibt es das Karten-Nord.

Von der Schweiz gibt es diverse Kartenprodukte, welche bei swisstopo⁴ erhältlich sind. Die wichtigsten Karten sind die Landeskarten. Diese gibt es in dem Massstab 1:25 000, 1:50 000, 1: 100 000, 1:500 000 und 1: 1 Mio.

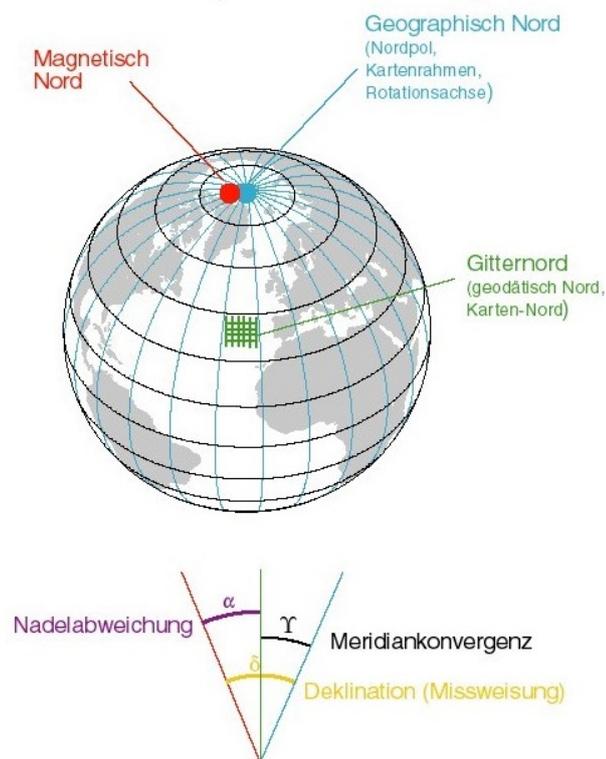


Abb. 20 Nordrichtungen (<http://www.geologie.uni-freiburg.de/root/blackboard/karten/abweichungen.jpg> [Stand: 23.01.2015])

⁴ <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products.html> [Stand: 23.01.2015]

5 Bezugsorte der Pläne, Karten und geografischen Daten

Die Tab. 2 zeigt eine Auswahl von Bezugsquellen. Die Internetadressen der verschiedenen Geodatenportale sind auf der Webseite der Konferenz der Kantonalen Geodaten-Koordinationsstellen und GIS-Fachstellen⁵ aufgelistet.

Daten	Bezug bei
Grundbuchplan	Geometer
Digitaler Datensatz AV	Geometer (Aktuell) und swisstopo
Leitungskataster	Geometer oder Gemeinde
Zonenplan	Geometer oder Kanton
Digitales Terrainmodell (DTM AV)	Geometer und swisstopo
Orthophotos	Kanton und swisstopo
LiDAR Scans	Kanton und swisstopo
Landeskarten	swisstopo
LFP und HFP 1 und 2	swisstopo
LFP und HFP 3	Geometer und Kanton
Grenzpunkte	Geometer und Kanton

Tab. 2 Daten und ihre Bezugsorte (eigene Tabelle)

⁵ <http://www.kkgeo.ch/geodatenportale/kantonale-geodatenportale.html> [Stand: 23.01.2015]

6 Messen und Auswerten

6.1 Messmethoden und Instrumente

Abb. 21 zeigt eine Auswahl von Vermessungsmethoden und Instrumenten. Bestimmende Kriterien für die Auswahl der geeigneten Methode und des passenden Vermessungsinstrumentes sind: Land oder Wasser, Fläche, Preis, Genauigkeit, Geländeform, Zeit, Bestockung, Bebauung und Darstellungsmethode.

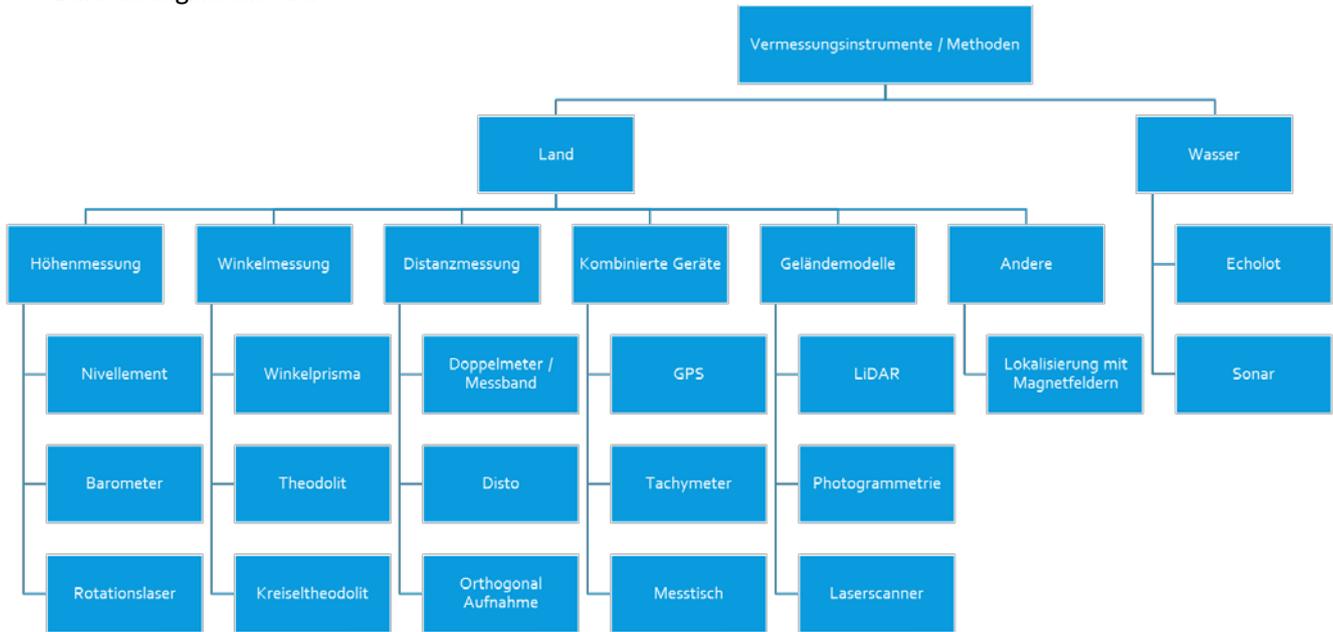
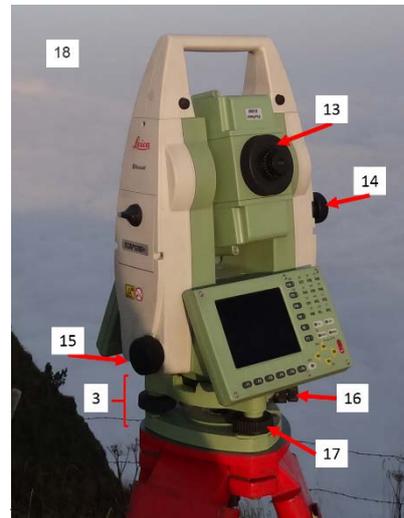
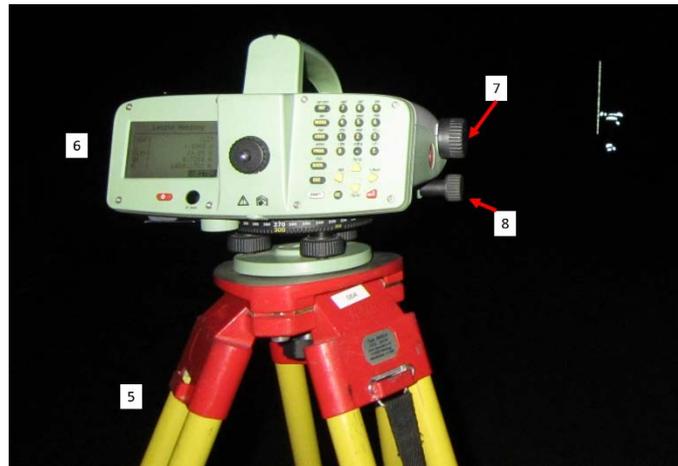
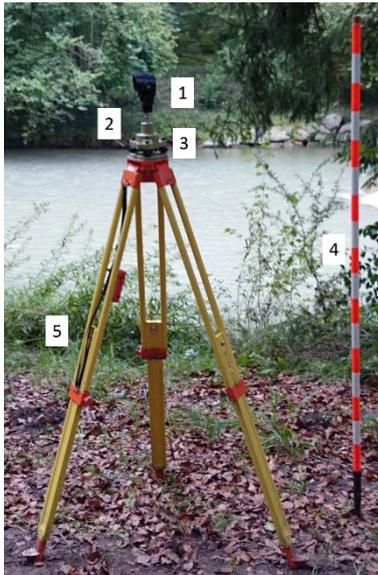


Abb. 21 Eine Auswahl von Vermessungsinstrumenten und Methoden (eigene Grafik)

6.2 Bestandteile der Instrumente⁶



Nivellement:.....

Fokussierschraube:.....

Horizontalschraube:.....

Tachymeter:.....

Vertikalschraube:.....

Horizontalschraube:.....

Fokussierschraube:.....

GPS:.....

Zweibeinstreben:.....

⁶ Abb. 22-25 Vermessungsinstrumente und deren Bestandteile (eigene Bilder)

Empfänger:.....

Controller:.....

Stativ:.....

Dreifuss:.....

Optisches Lot:.....

Höhenschraube:.....

Dreifussaufsatz:.....

Prisma / Reflektor:.....

Jalon:.....

6.3 Orthogonalaufnahme

Die Orthogonalaufnahme kommt vor allem bei der Katastervermessung zum Einsatz. Bei dieser Methode werden die zu bestimmenden Punkte auf einer Messlinie ausgemessen.

Bei der Orthogonalaufnahme wird zu Beginn Anfangs- und Endpunkt der Abszisse bestimmt und signalisiert. Die Koordinaten dieser beiden Punkte müssen bekannt sein. Die Abszisse wird mit Hilfe eines Messbandes oder Doppelmeters gemessen. Anschließend werden die Lotfusspunkte der einzumessenden Punkte bestimmt. Nun können die Ordinaten- und Abszissenwerte dieser Punkte bestimmt werden. Es empfiehlt sich, Kontrollmasse zu nehmen.

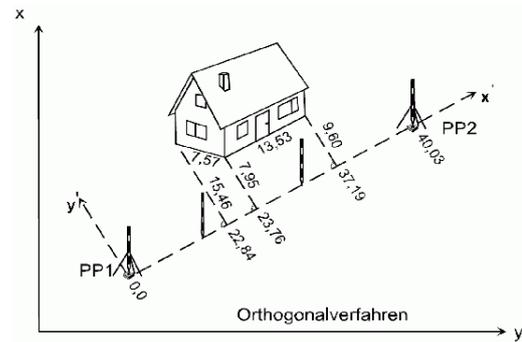


Abb. 26 Beispiel einer Orthogonalaufnahme
 (<http://www.vermessungsseiten.de/ortho/ortho.htm>
 [Stand: 23.01.2015])

Die Koordinaten der eingemessenen Punkte können berechnet oder konstruiert werden. Bei der Berechnung muss berücksichtigt werden, dass die links von der Abszisse stehenden Punkte einen positiven Ordinatenwert und die rechts stehenden einen negativen Wert haben. Mit folgenden Formeln werden die Koordinaten berechnet:

<p>s = Gemessene Länge der Abszisse x = Ordinatenwert y = Abszissenwert</p>	$a = \frac{X(PP2) - X(PP1)}{s}$ $o = \frac{Y(PP2) - Y(PP1)}{s}$	$Y = Y(PP1) + o \cdot x + a \cdot y$ $X = X(PP1) + a \cdot x + o \cdot y$
--	---	---

6.4 Nivellement

Mit Hilfe eines Nivellements werden Höhen von Punkten bestimmt oder kontrolliert. Es wird zwischen Streckennivellement und Flächennivellement unterschieden. Das Flächennivellement dient zur Erstellung von Lage- und Höhenplänen. Das Streckennivellement dient zur Höhenbestimmung einzelner Punkte. Es gibt drei Arten von Streckennivellement: das Fixpunktnivellement (Abb. 27), das Schleifennivellement (Abb. 28) und das Fliegendenivellement (Abb. 29). Das Fixpunktnivellement setzt die Höhen von Anfangs- und Endpunkt voraus. Mit Hilfe des Fixpunktnivellements werden die Höhenfixpunkte und die durchgeführten Messungen kontrolliert. Mit dem Schleifennivellement wird nur die Messung kontrolliert, da der Anfangspunkt auch als Endpunkt verwendet wird. Das Fliegendenivellement kann nicht kontrolliert werden, da nur die Höhe des Anfangspunktes bekannt

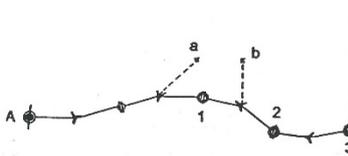


Abb. 27 Fixpunktnivellement
 (Bigler u. a. 2006, 15-8)

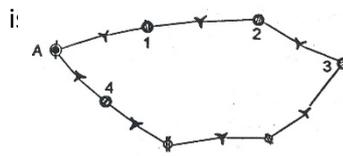


Abb. 28 Schleifennivellement
 (Bigler u. a. 2006, 15-8)

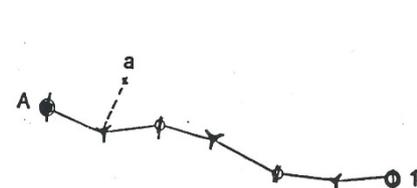
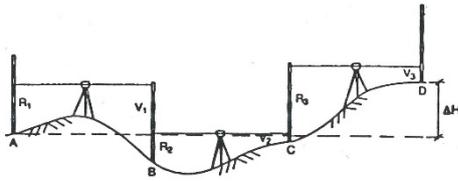


Abb. 29 Fliegendenivellement
 (Bigler u. a. 2006, 15-8)



$$\Delta H = (R_1 - V_1) + (R_2 - V_2) + (R_3 - V_3)$$

$$\Delta H = \Sigma R - \Sigma V$$

Abb. 30 Nivellementzug (Bigler u. a. 2006, 15-8)

Ein Nivellementzug wird in Abschnitte unterteilt. Ein Abschnitt besteht jeweils aus einer Rück- und einer Vormessung. Die Zielweiten zum Rückblick wie zum Vorblick sollten in etwa gleich lang sein. Starke Knicke im Zug sollten vermieden werden. Alle Höhen werden in einem Protokoll (Abb. 31) festgehalten.

Der Fehler eines Streckennivellement oder Schleifennivellement wird folgendermassen berechnet: $f = \Delta H_{\text{soll}} - \Delta H_{\text{gem}}$. Das Vorzeichen des Fehlers entspricht den Korrekturen an den Rückblicken. Der Fehler wird nun

gleichmässig auf die Rückblicke verteilt, anschliessend können die Horizonte und Zwischenblicke berechnet werden.

FIXPUNKTNIVELLEMENT				Datum: 13. 12. 91			
Ausgleich über $\Sigma R - \Sigma V$				Wetter: bewölkt, 0°			
(Muster)				Beobachter: H. Zeman			
				Gerät: GK1-A, 67315			
Punkt	Latten-Ablesung			Horizont	Pkt. Höhe		Bemerkungen
	R	M	V				
NF 1765	0.108			613.180	613	073	
Markstein □			1.777		611	403	
	0.234			11.636			
Hydrant			2.465		609	171	OK Zapfen
	1.862			11.033			
Schachtrahmen			2.009		609	024	Kreuzung
	1.990			11.013			
PP 217			1.660		609	353	
	1.254			10.603			
OK Mauer			2.113		608	490	Haus Nr. 12
	0.957			9.446			
Terrain vorn		1.10			608	35	Hauseinfahrt Nr. 16
" hinter		1.92			607	53	
Schieber			1.757		607	689	Schachtrahmen
	1.931			9.620			
□ = Terrain		0.95			608	67	Haus Nr. 24
	3.		0.663		608	957	
	1.224			10.180			
Sockel HE			1.011		609	169	Haus 27 links
	1.637			10.805			
NF 1759			1.708		609	097	✓
	11.194		15.163		- 3	976	ΔH_{soll}
	- 15.163						
	$\Delta H_{\text{gem}} = -3.969$						$f = -3.976 - (-3.969) = -0.007$

Abb. 31 Nivellement Protokoll (Bigler u. a. 2006, 15-10)

6.5 Software

6.5.1 CAD

Die Abkürzung CAD steht für „Computer Aided Design“. Die CAD-Programme ermöglichen das von Computer unterstützte Entwickeln, Bearbeiten, Speichern und Darstellen, respektive modellieren, von 2D und 3D Daten. CAD wird angewandt in der Vermessung, Architektur, Automobilbranche, Produktdesign, Bauingenieurwesen, Hochbau, Tiefbau, Elektrotechnik, Werkzeugbau, Formenbau, Modellbau, Design und Schiffbau. Das am weitesten verbreitete CAD-Programm ist AutoCAD von Autodesk. Eine Übersicht über CAD Software bietet Wikipedia⁷.

6.5.2 Geoinformationssysteme

Geoinformationssysteme (GIS) dienen der Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation geografischer Daten (Abb. 32). Geoinformationssysteme werden in diversen Bereichen (Kartographie, Archäologie, Umweltforschung, Kriminologie usw.) genutzt. Weit verbreitete kommerzielle GIS-Programme sind Topobase und Map3D von Autodesk, ArcGIS von ESRI und GeoMedia von Intergraph. Es gibt auch diverse Opensource GIS wie das GRASS GIS. In der schweizerischen Vermessung kommt oft Topobase gemeinsam mit AutoCAD zum Einsatz. Web-GIS benützen Gemeinden, um ihre geografischen Daten (Amtliche Vermessung, Leitungskataster usw.) im Internet anzubieten.

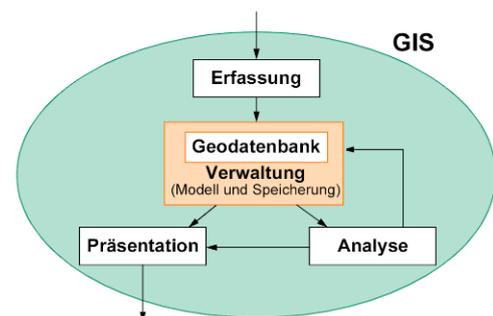


Abb. 32 Zweck von GIS-Systemen
(http://www.fergi.uni-osnabrueck.de/module/geodatenbanksysteme/inhalt/1/bilder/gis_print.png [Stand: 23.01.2015])

6.5.3 GIS vs. CAD

Tab. 3 vergleicht GIS-, CAD- und Handpläne.

	Von Hand	CAD	GIS
Massstäbe	Nur im konstruierten Massstab, Plan auf Plangrösse beschränkt	Massstab lässt sich verändern	Massstab lässt sich verändern
Zusätzliche Daten	Notizen, Papier Archiv	Notizen, Papier Archiv, unverknüpfte Datenbanken	Grafischer Teil (z. T. CAD) fix mit Datenbank verknüpft. Neu: alle Daten inkl. Grafik in Datenbank.
Thematische Karten	Neuer Plan muss erstellt werden	Neuer Plan muss erstellt werden	Die grafische Repräsentation der Grafik lässt sich aus der Datenbank steuern. Objektorientierter Ansatz
Analyse und Generierung von neuen Daten	Nicht direkt möglich	Nicht direkt möglich	Möglich mittels Kombinationen von Daten inkl. Kontrollen und Abfragen im System (=«Sicht» auf Daten ohne zusätzliche zu generieren)
Alterung	Muss periodisch erneuert werden (neu zeichnen)	Neue Versionen des CAD müssen berücksichtigt werden (Konvertierung)	Neue GIS-Versionen oder Systeme verursachen eine Konvertierung
Nachführung	Relativ hoher Aufwand	Einfache Nachführung	Einfache Nachführung
Parameter (Sachdaten)	Variabel, jedoch wegen Lesbarkeit beschränkt	Viele Parameter sind fest (zweckverbunden Bau/Elektro/Installation etc.)	Über die Datenbank frei definierbar (Referenzen)
Operatsstruktur	Aufteilung in einzelne Pläne	Aufteilung in einzelne Pläne mit automatischem «Zusammenfügen»	Blattschnittfreie Speicherung. Pläne werden nach Bedarf generiert

Tab. 3 GIS-, CAD- vs. Handpläne (SVGW (Hrsg.) 2011, 52)

⁷ http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_CAD-Programmen [Stand: 23.01.2015]

6.6 Ablauf einer Vermessung

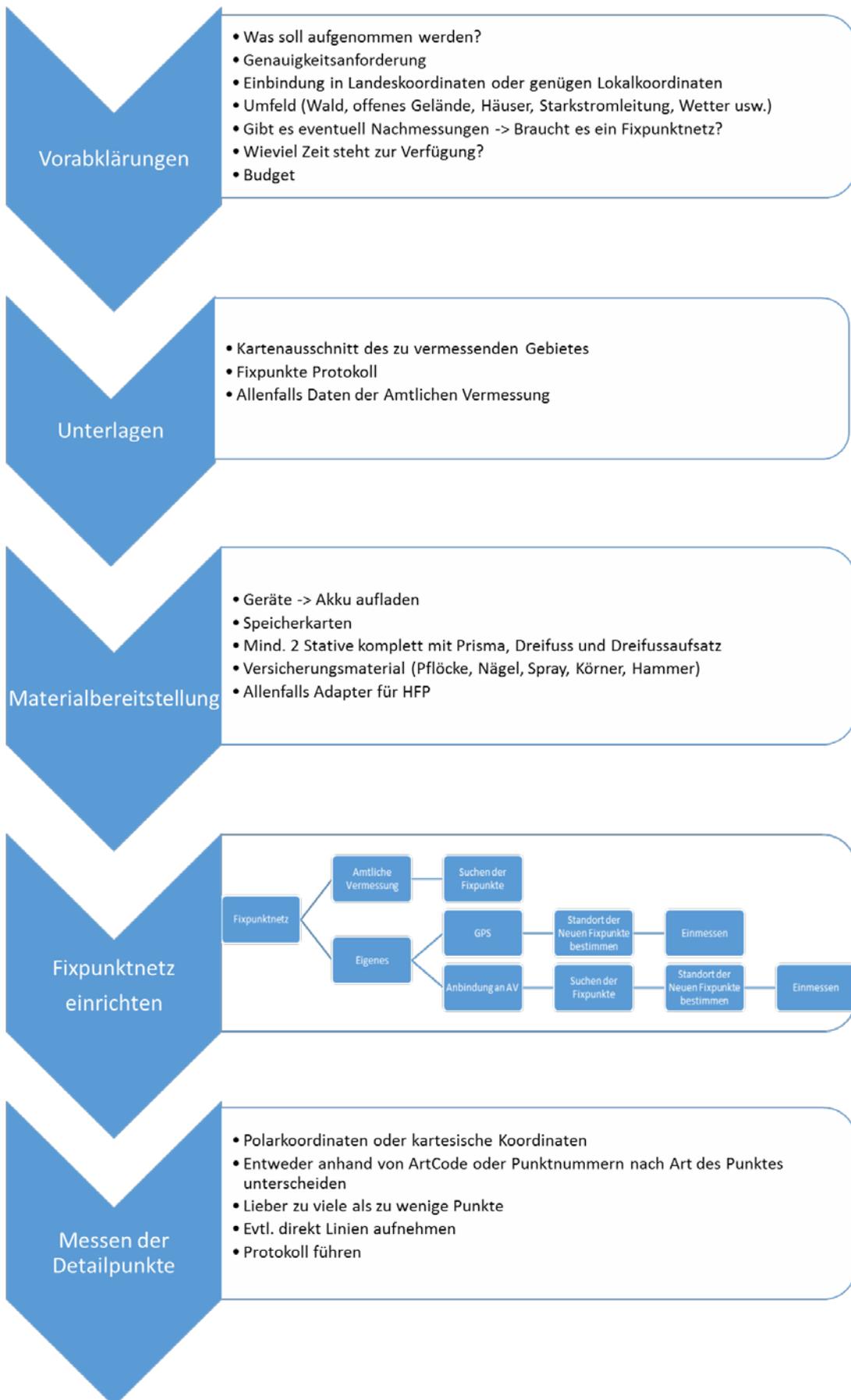




Abb. 33 Schematischer Ablauf eines Vermessungseinsatzes (eigene Grafik)

6.7 Messmethoden in der Archäologie

Prospektion im Wasser:

Prospektion an Land:

Ausgrabung in besiedelten Gebieten:

Ausgrabung im Wald:

Ausgrabung auf einem Acker:

7 Anhang

7.1 Quellenverzeichnis

F. Bigler/ Bürgin/ Lütolf, Einführung in die Vermessungskunde (Baugewerbliche Berufsschule Zürich 2006).

Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.), Die amtliche Vermessung der Schweiz. <<http://www.cadastre.ch/internet/cadastre/de/home/topics/about/why.parsysrelated1.90630.downloadList.80639.DownloadFile.tmp/avbroschuerede.pdf>> [Stand: 19. Januar 2015].

Cadastre (Hrsg.), Statistische Angaben über die amtliche Vermessung. Stand 31.12. 2013. <<http://www.cadastre.ch/internet/cadastre/de/home/topics/state.parsysrelated1.12127.downloadList.15710.DownloadFile.tmp/cadastre142014dtstatistik.pdf>> [Stand: 03. Januar 2015].

F. J. Gruber/R. Joeckel, Formelsammlung für das Vermessungswesen¹⁴. Vieweg Studium (Wiesbaden 2009).

H. J. Matthias/P. Kasper/D. Schneider, AVW, Amtliche Vermessungswerke. Geschichte und Grundlagen¹ (Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg 1980).

M. A. Rappenglück, Messen mit Schnur und Stab: Lepenski Vir vor 7000 Jahren. In: D. Klemp/H. Minow (Hrsg.), Zur Geschichte des Vermessungswesens. VDV-Schriftenreihe / Verband Deutscher Vermessungsingenieure 8 (Wiesbaden 1995) 9–20.

SVGW (Hrsg.), Empfehlung. Geographisches Informationssystem (GIS) für Werkdaten, Teil 1 (2011).

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 0 Trioplan Vermessung (eigenes Bild)	Titelblatt
Abb. 1 Seilspanner (Harpedonapten) am Vermessen (http://www.lohnt-nicht.de/schule/Gym-Aichach/Mathe-9a/Lernpfad-Pythagoras/Inhalt/Bilder/seilsp.gif [Stand: 23.01.2015])	2
Abb. 2 Atlas de la Suisse (Matthias u. a. 1980, 12)	3
Abb. 3 Dufourkarte (Matthias u. a. 1980, 17)	3
Abb. 4 Siegfriedkarte (Matthias u. a. 1980, 19)	3
Abb. 5 Azimut zwischen zwei Punkten (Bigler u. a. 2006, 8-5)	4
Abb. 6 Azimut Berechnung (Gruber/ Joeckel 2009, 37)	4
Abb. 7 Gaussische Glockenkurve (Bigler u. a. 2006, 3-1)	5
Abb. 8 Differenz zwischen Geoid, Ellipsoid und Erdoberfläche (http://www.kowoma.de/gps/geo/mapdatum.htm [Stand: 23.01.2015])	6
Abb. 9 Bezugssysteme (http://www.senotto.de/Tipps_Tricks/GPS/DigitaleKarten/Erde.jpg [Stand: 23.01.2015])	6
Abb. 10 Azimutalprojektion (Bigler u. a. 2006, 8-2)	6
Abb. 11 Zylinderprojektion (Bigler u. a. 2006, 8-2)	6
Abb. 12 Kegelprojektion (Bigler u. a. 2006, 8-2)	6
Abb. 13 Ellipsoidische Koordinaten (Gruber/ Joeckel 2009, 109)	7
Abb. 14 Projektionssystem der Schweiz (Bigler u. a. 2006, 8-3)	7
Abb. 15 Organisation der AV (Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.) 2011, 15)	8
Abb. 16 Versicherungsarten des Bundesamt für Landestopografie swisstopo (Hrsg.) 2011, 13	8
Abb. 17 Lagegenauigkeit LFP und HFP in cm (Art. 28 Abs. 1 TVAV)	9
Abb. 18 Höhengenaugigkeit LFP und HFP in cm (Art. 28 Abs. 2 TVAV)	9
Abb. 19 Lagegenauigkeit Grenzpunkte in cm (Art. 28 Abs. 1 TVAV)	9
Abb. 20 Nordrichtungen (http://www.geologie.uni-freiburg.de/root/blackboard/karten/abweichungen.jpg [Stand: 23.01.2015])	10
Abb. 21 Eine Auswahl von Vermessungsinstrumenten und Methoden (eigene Grafik)	12
Abb. 22 Stativ mit Prisma (eigenes Bild)	13
Abb. 23 Digitales Nivellement (eigenes Bild)	13
Abb. 24 Tachymeter (eigenes Bild)	13
Abb. 25 GPS (eigenes Bild)	13
Abb. 26 Beispiel einer Orthogonalaufnahme (http://www.vermessungsseiten.de/ortho/ortho.htm [Stand: 23.01.2015])	15
Abb. 27 Fixpunktenivellement (Bigler u. a. 2006, 15-8)	15
Abb. 28 Schleifennivellement (Bigler u. a. 2006, 15-8)	15
Abb. 29 Fliegendenivellement (Bigler u. a. 2006, 15-8)	15
Abb. 30 Nivellementzug (Bigler u. a. 2006, 15-8)	16
Abb. 31 Nivellement Protokoll (Bigler u. a. 2006, 15-10)	16
Abb. 32 Zweck von GIS-Systemen (http://www.fergi.uni-osnabrueck.de/module/geodatenbanksysteme/inhalt/1/bilder/gis_print.png [Stand: 23.01.2015])	17
Abb. 33 Schematischer Ablauf eines Vermessungseinsatzes (eigene Grafik)	19

7.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Unterschiedliche Winkleinheiten (eigene Tabelle)	4
Tab. 2 Daten und ihre Bezugsorte (eigene Tabelle)	11
Tab. 3 GIS-, CAD- vs. Handpläne (SVGW (Hrsg.) 2011, 52)	17

7.4 Literaturverzeichnis

Allgemein

Das deutsche Vermessungs- und Geoinformationswesen 2013 (2012).

W. Jordan/M. Kneissl/O. Eggert, Handbuch der Vermessungskunde¹⁰ (Stuttgart 1956 - 1972).

A. Lardelli, Messen und Vermessen² (Dietikon 1994).

Amtliche Vermessung

M. Huser, Schweizerisches Vermessungsrecht. Unter besonderer Berücksichtigung des Geoinformationsrechts und des Grundbuchrechts³. Beiträge aus dem Institut für Schweizerisches und Internationales Baurecht 28 (Zürich 2014).

H. J. Matthias/P. Kasper/D. Schneider, AVW, Amtliche Vermessungswerke. Geschichte und Grundlagen¹ (Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg 1980).

CAD

G. Spur/F.-L. Krause, CAD-Technik. Lehr- und Arbeitsbuch für die Rechenunterstützung in Konstruktion und Arbeitsplanung (München 1984).

Formelsammlung

F. J. Gruber/R. Joeckel, Formelsammlung für das Vermessungswesen¹⁴. Vieweg Studium (Wiesbaden 2009).

Geoinformationssysteme

C. Andrae, Simple features. Die OpenGIS- und ISO-Spezifikationen für Verwaltung, Analyse und Übergabe einfacher Geobjekte in modularen Architekturen und SQL-Datenbanken. OpenGIS essentials (Berlin 2012).

R. Bill, Grundlagen der Geoinformationssysteme⁵ (Berlin 2010).

W. Göpfert, Raumbezogene Informationssysteme. Datenerfassung, Verarbeitung, Integration, Ausgabe auf der Grundlage digitaler Bild- und Kartenverarbeitung (Karlsruhe 1987).

M. Kappas, GIS1. Das geographische Seminar⁸ (Braunschweig u.a. 2011).

T. H. Kolbe, Geoinformationssysteme 2014. Beiträge zur 1. Münchner GI-Runde (Berlin 2014).

H. Saurer/F.-J. Behr, Geographische Informationssysteme. Eine Einführung: mit 31 Tabellen. Die Geographie (Darmstadt 1997).

Geschichte

F. Betschon/S. Betschon/W. Schlachter, Ingenieure bauen die Schweiz. Technikgeschichte aus erster Hand, Band 21 (Zürich 2014).

B. Cech, Technik in der Antike³ (Darmstadt 2012).

D. Klemp/H. Minow (Hrsg.), Zur Geschichte des Vermessungswesens. VDV-Schriftenreihe/ Verband Deutscher Vermessungsingenieure 8 (Wiesbaden 1995).

F. Ó Cionnaith, Mapping, measurement and metropolis. How land surveyors shaped eighteenth-century Dublin (Dublin, Portland, OR 2012).

Messmethoden

T. Luhmann/C. Müller (Hrsg.), Photogrammetrie, Laserscanning, optische 3D-Messtechnik. Beiträge der Oldenburger 3D-Tage 2013 (Berlin 2013).

Zeitschrift

Geomatik Schweiz. Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio (Scherz).

Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.), Cartographica Helvetica. Fachzeitschrift für Kartengeschichte = revue d'histoire de la cartographie (Murten).

7.5 Glossar

Abszisse:.....

Äquidistant:.....

AV:.....

DGM:.....

Disto:.....

DOM:.....

Geoid:.....

GNSS:.....

GP:.....

LV03:.....

LV95:.....

Ordinate:.....

Ortsmeridian:.....

Theodolit:.....

TP:.....

Triangulationsnetz:.....

TVAV:.....

WGS:.....

7.6 Repetitionsfragen

1. Nennen Sie verschiedene Karten der Schweiz und deren Entstehungsjahr

.....
.....

2. Was muss bei der Geodäsie im Gegensatz zur Vermessung berücksichtigt werden?

.....
.....

3. Was ist die Deformationsvermessung?

.....
.....

4. In was für Teilgebiete kann die Ingenieurvermessung unterteilt werden?

.....
.....

5. Nenne und beschreibe ein Beispiel der Architekturvermessung

.....
.....
.....
.....

6. Nenne und beschreibe ein Beispiel eines Geländemodells

.....
.....
.....
.....

7. Rechnen Sie folgende Winkel in die angegebene Einheit um

90 gon = Grad 1.5 rad = Grad 3000 ‰ = Grad 2.5 rad = gon

8. Berechnen Sie das Gegenazimut von folgenden Azimuten

360 gon = 120 gon = 200 gon =

9. Eine Strecke AB wurde sieben Mal mit dem Messband gemessen (2.01 m / 2.04 m / 2.03 m / 2.00 m / 1.99 m / 2.01 m / 1.97 m) Berechnen Sie den Mittelwert, die Standardabweichung und die Genauigkeit des Mittelwertes.

.....
.....
.....

10. Nach welchen Kriterien wird ein Vermessungsinstrument oder eine Vermessungsmethode ausgewählt?

.....
.....

11. Sie müssen am Waldrand eine Mauer aufnehmen. Wie gehen Sie vor und welche Instrumente benützen Sie?

.....
.....
.....
.....