

BAUPOLIER

Vermessungskunde

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	4
1.1	Einteilung der Vermessungskunde	4
1.2	Aufgaben der Vermessungskunde	4
1.3	Ziel dieser Veranstaltung	4
2	Grundlagen	5
2.1	Maßeinheiten	5
2.2	Winkelmaße	6
2.3	Maßstab	7
2.4	Steigung	8
2.5	Fehlerarten	10
2.6	Mathematische Grundlagen	11
2.7	Auflösungen allgemeiner Dreiecke	12
3	Streckenmessung	15
3.1	Messmittel	15
3.2	Messmethoden	18
3.3	Genauigkeit der Streckenmessung	21
4	Winkelmessung	24
4.1	Der Theodolit / Tachymeter	24
4.2	Aufstellen über Punkt	26
4.3	Horizontalwinkelmessung	27
4.4	Vertikalwinkelmessung	28
4.5	Ausgewählte Beispiele der Winkelmessung	28
4.6	Genauigkeit der Winkelmessung	31
5	Koordinatenrechnung	32
5.1	Definitionen	32
5.2	Erste Hauptaufgabe der Koordinatenrechnung	34
5.3	Zweite Hauptaufgabe der Koordinatenrechnung	35
5.4	Orientierung	36
5.5	Koordinatensysteme	37
5.6	Freie Stationierung	41
5.7	Bogenabsteckung	42
6	Satellitengestützte Messmethoden	45
6.1	Satellitensysteme	45
6.2	Bodensystem	45
6.3	Korrekturdaten online	46
6.4	Differentielles GPS (DGPS)	47
6.5	Transformation	48

7 Nivellement	49
7.1 Höhensysteme	49
7.2 Messmittel	52
7.3 Messmethoden	57
7.4 Genauigkeit des Liniennivellements	64
7.5 Prüfverfahren für Nivelliergeräte	65
8 Lagemessung	67
8.1 Polygonzug	67
8.2 Zwangszentrierung	69
8.3 Spezielle Aufgaben der Lagemessung	70
9 Flächenbestimmung	72
9.1 Flächenrechnung mit Maßahlen	72
9.2 Flächenrechnung mit Koordinaten	74
9.3 Flächenrechnung mit Winkeln und Seiten	75
10 Massenbestimmung	78
10.1 Einfache Abschätzung mit Nivellier und Maßband	78
10.2 Messung mit Tachymeter (GNSS-Rover)	79
11 Laserscanning	81
11.1 Terrestrische Vermessungsgeräte	81
11.2 Messung	82
11.3 Punktwolken	82
11.4 Auswertung	83
11.5 Unbemannte Flugobjekte (UAV)	84
12 Kataster	87
12.1 Entstehung und Aufgabe	87
12.2 Bestandteile des Katasters	87
12.3 Grundsteuerkataster	87
12.4 Grenzkataster	88
13 Spezielle Kapitel der Bauordnung	89
13.1 Niederösterreich	89
13.2 Wien	92
ANHANG	95
A Punktkarten und Übersichten	95
B Katastralmappe	99
C Quellen- und Literaturverzeichnis	100
D Angaben zum Autor	100

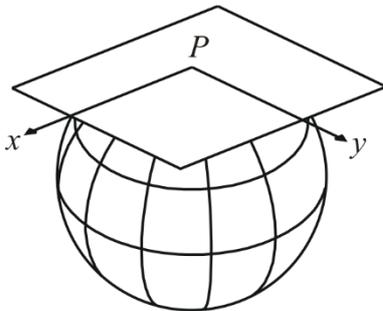
1 Einführung

1.1 Einteilung der Vermessungskunde

Die Vermessungskunde wird in zwei unterschiedliche Bereiche unterteilt:



Die Höhere Vermessungskunde befasst sich mit der globalen Erdmessung und mit der Grundlagenmessung ganzer Staaten (= Landesvermessung), wobei die Erdkrümmung berücksichtigt werden muss. Dabei müssen Refraktion (= Lichtbrechung), meteorologische Daten wie Druck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit sowie das Schwerefeld der Erde in die Berechnungen einbezogen werden.



Die Niedere Vermessungskunde umfasst Vermessungen in kleineren Gebieten, wobei der Ausschnitt der Erdoberfläche als Ebene betrachtet wird. Dieser Bereich umfasst die Vermessung der Erdoberfläche in ihrer Detailform und die Ingenieurgeodäsie (= Absteckung sowie Überwachung von Hoch- und Tiefbauten)

1.2 Aufgaben der Vermessungskunde

Die Vermessungskunde befasst sich vorwiegend:

- mit der Vermessung und Berechnung von Teilen der Erdoberfläche und ihrer Darstellung in Karten und Plänen (= Aufnahme)
- mit der Übertragung von graphischen oder rechnerischen Daten aus Plänen oder Karten in die Natur (= Absteckung)

1.3 Ziel dieser Veranstaltung

Die Teilnehmer sollen folgende Punkte beherrschen:

1. richtiger Umgang mit den Vermessungsgeräten (Aufstellung, Ablesung, Pflege)
2. Lage- und Höhenbestimmung
3. Absteckung
4. Flächen- und Massenbestimmung

2 Grundlagen

2.1 Maßeinheiten

Längenmaß Einheit: das Meter, Einheitszeichen [m]

Ursprüngliche Definition: Urmeter



Abbildung: Urmeter Nr. 27 (USA)

Aktuelle Definition:

Ein Meter ist definiert als die Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Dauer von 1/299792458 Sekunde zurücklegt.

Flächenmaß Einheit: der Quadratmeter, Einheitszeichen [m²]

$$1 \text{ m}^2 = 100 \text{ dm}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 100 \text{ ha} = 10.000 \text{ a} = 1.000.000 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2 \quad (= 10 \times 10 \text{ m})$$

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ a} = 10.000 \text{ m}^2 \quad (= 100 \times 100 \text{ m})$$

Raummaß Einheit: Kubikmeter, Einheitszeichen [m³]

$$1 \text{ m}^3 = 1.000 \text{ dm}^3 = 1.000.000 \text{ cm}^3$$

2.2 Winkelmaße

Altgradmaß

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

$$\text{Vollkreis} = 360^\circ$$

N	Identifier	Otype	ICRS (J2000) RA	ICRS (J2000) DEC	Parallaxes
$\triangle \nabla$	$\triangle \nabla$				
851	* chi Aur	SB*	05 32 43.67312	+32 11 31.2753	0.01
159	V* R CrB	RC*	15 48 34.41506	+28 09 24.3006	0.04
26	V* V399 Car	Ce*	10 27 24.47114	-57 38 19.6958	0.06
593	HR 4644	*	12 12 21.98007	-62 57 02.7872	0.08
523	* mu. Sgr	Al*	18 13 45.80884	-21 03 31.7941	0.09
28	* 15 Sgr	s*b	18 15 12.90641	-20 43 41.7738	0.10
132	* bet Phe	**	01 06 05.03952	-46 43 06.2785	0.12
123	HR 4578	*	11 58 47.66019	-64 20 22.4077	0.20

Abbildung: Auszug aus dem Sternenkatalog

Neugradmaß

$$1^g = 100^c = 10000^{cc}$$

$$\text{Vollkreis} = 400^g$$

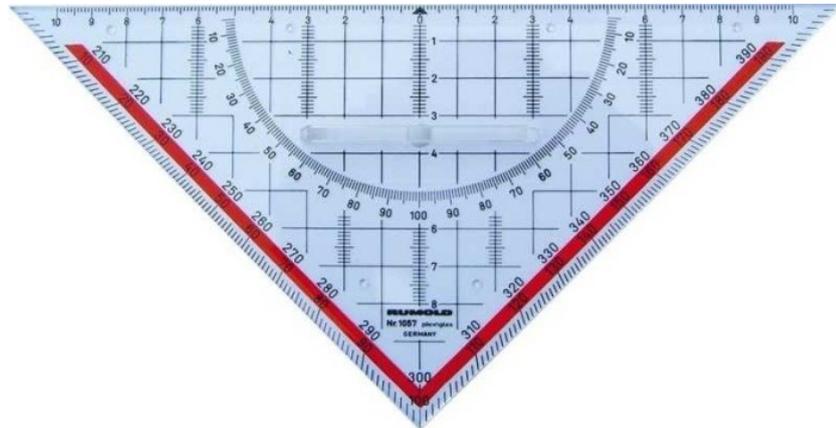
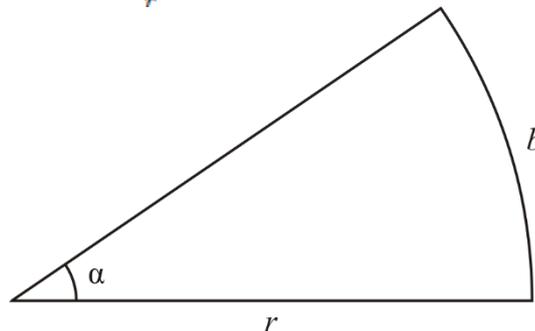


Abbildung: Geodreieck mit Gon-Teilung

Bogenmaß

$$\text{arc} \alpha = \hat{\alpha} = \frac{b}{r} b = r \cdot \hat{\alpha}$$

$$\text{Vollkreis: } 2\pi \text{ rad}$$



Beispiel	gegeben:	$r = 27,00m, b = 42,412m$
	gesucht:	$\hat{\alpha}$
	Lösung:	$\hat{\alpha} = \frac{42,412}{27,00} = 1,5708$

Umrechnungen

Altgrad → Neugrad $17^\circ = 17^\circ \cdot \frac{400^g}{360^\circ} = 18,8^g = \frac{17^\circ}{0,9}$

Neugrad → Altgrad $25^g = 25^g \cdot \frac{360^\circ}{400^g} = 22,5^\circ = 25^g \cdot 0,9$

Altgrad → Bogenmaß $17^\circ = 17^\circ \cdot \frac{2\pi}{360} = 0,296706$

Aufgabe 1	Berechne die Bogenlänge b , wenn der Radius $r = 20,00 \text{ m}$ beträgt und ein Winkel von $28^\circ,648$ eingeschlossen wird.
-----------	--

2.3 Maßstab

Der Maßstab bezeichnet das Verkleinerungsverhältnis des Planes oder der Karte im Vergleich zur Natur. Dieses Verhältnis wird mit einer Bruchzahl ausgedrückt:

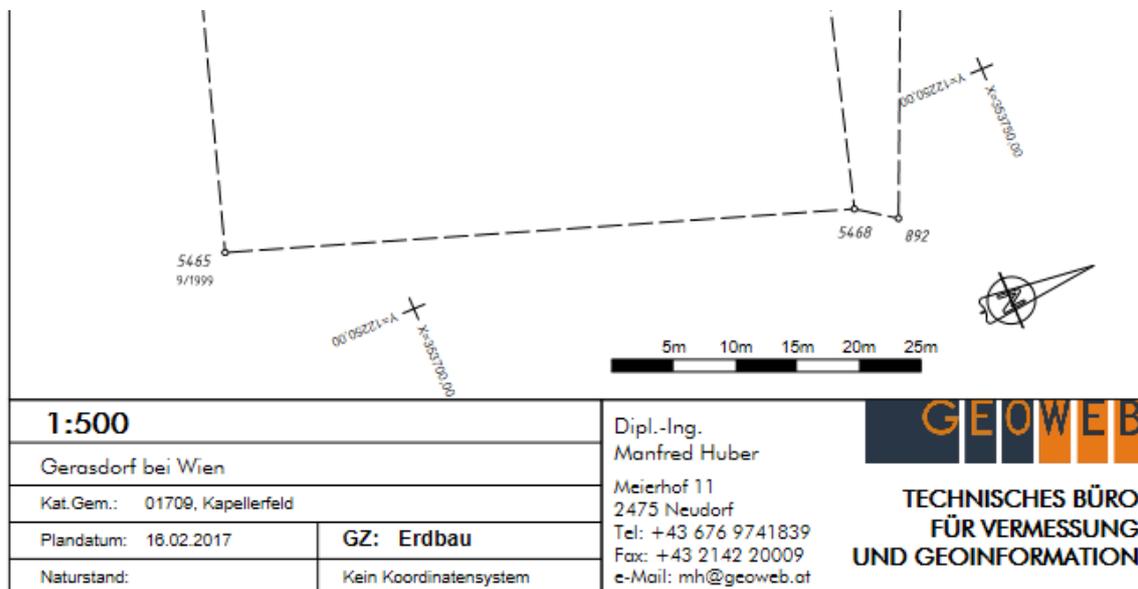
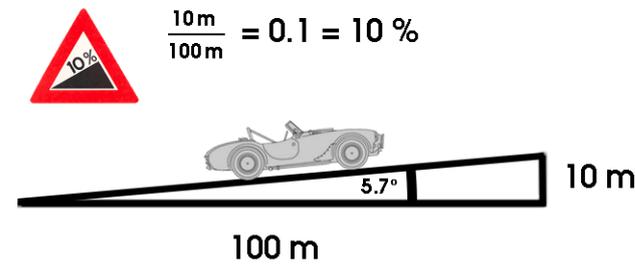


Abbildung: Maßstabszahl, Maßstabsleiste und Hektarmarken

2.4 Steigung

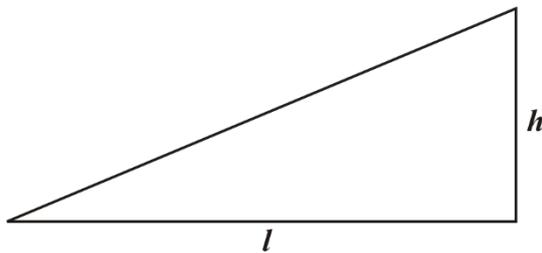


Verhältnis
Höhenunterschied zu Distanz

$$s = \frac{h}{l}$$

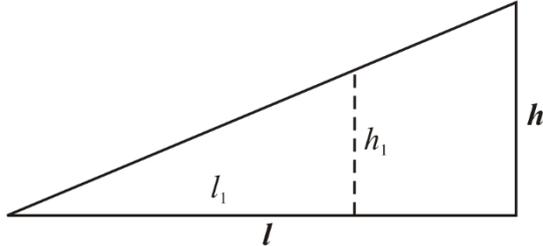
$$h = s \cdot l$$

$$l = \frac{h}{s}$$



$$s(\%) = \frac{h}{l} \cdot 100$$

$$s(\text{‰}) = \frac{h}{l} \cdot 1000$$

Beispiel	Berechnung von Zwischenhöhen (ähnliche Dreiecke)
	 <p> $l = 250,00\text{m}$ $h = 12,50\text{m}$ $s = \frac{h}{l} = \frac{12,5}{250,0} = 0,05$ $l_1 = 50,00\text{m}$ $h_1 = ?$ $h_1 = s \cdot l_1 = 0,05 \cdot 50,00 = 2,5\text{m}$ </p>

Aufgabe 2 Berechne die fehlenden Werte (Skizze unten)



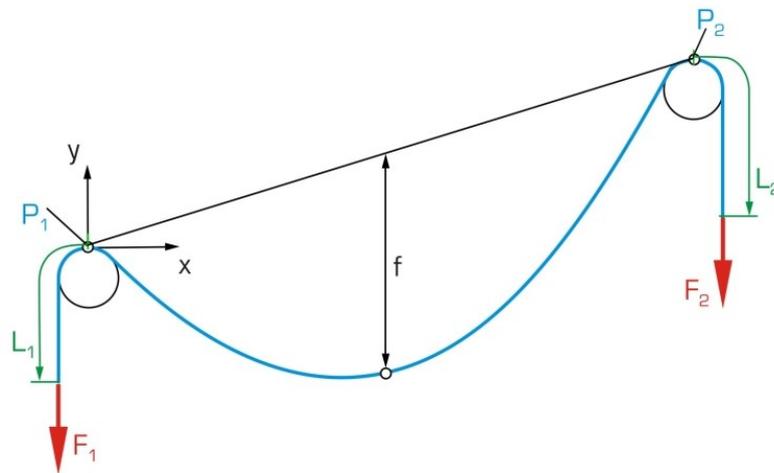
Abbildung: Planung einer Abwasserentsorgung

2.5 Fehlerarten

Grobe Fehler = Fehler des Beobachters (Anhalte-/Ablesefehler, Ziffernsturz, ...)



Systematische Fehler = berechenbarer Fehler (Temperatur, Durchhang, ...)

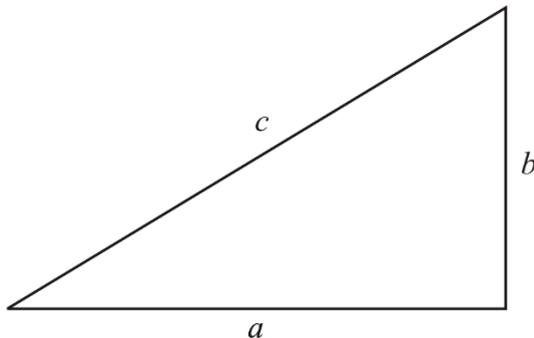


Zufällige Fehler = Restfehler => kann abgeschätzt werden

Fehlertyp		zufällige Fehler	systematische Fehler	grobe Fehler
Präzision	optimal	schlecht	gut	
Richtigkeit	optimal	gut	schlecht	
	a	b	c	d

2.6 Mathematische Grundlagen

2.6.1 Pythagoräischer Lehrsatz

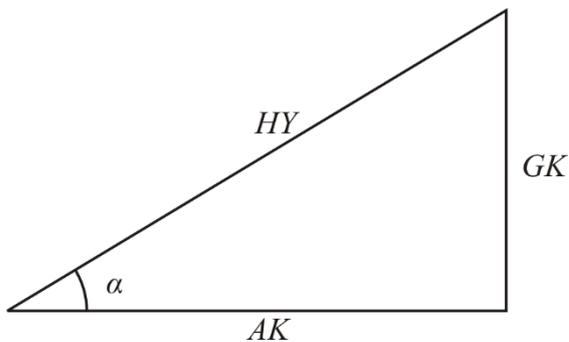


$$a^2 + b^2 = c^2$$

a, b ... Katheten

c Hypothenuse

2.6.2 Winkelfunktionen



$$\sin \alpha = \frac{\text{Gegenkathete}}{\text{Hypothenuse}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{Ankathete}}{\text{Hypothenuse}}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

Anmerkung:

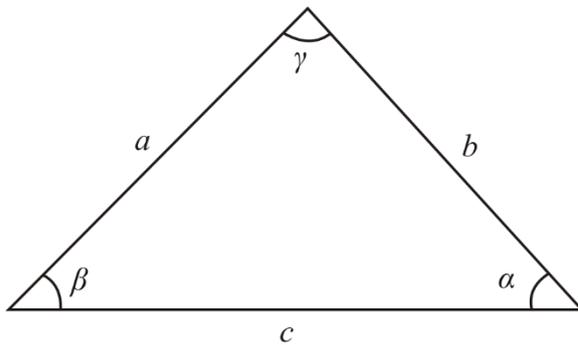
Mehrere Winkel ergeben den gleichen Sinus-Wert:
Dasselbe gilt auch beim Cosinus.

$$\sin 45^\circ = \sin 135^\circ$$

$$\cos 45^\circ = \cos 315^\circ$$

Weiters gilt: $\sin \alpha = \cos(90 - \alpha)$

2.6.3 Sinussatz und Cosinussatz



Sinussatz:

$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$

$$\frac{\sin \alpha}{a} = \frac{\sin \beta}{b} = \frac{\sin \gamma}{c}$$

Cosinussatz:

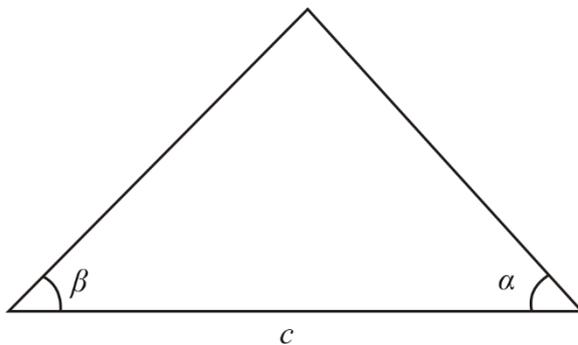
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos \alpha$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 \cdot a \cdot c \cdot \cos \beta$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$$

2.7 Auflösungen allgemeiner Dreiecke

2.7.1 Zwei Winkel und eingeschlossene Seite gegeben



Gegeben: α, β, c

Winkelsumme $\Rightarrow \gamma = 180 - \alpha - \beta$

Sinussatz $\Rightarrow b = \frac{c \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$

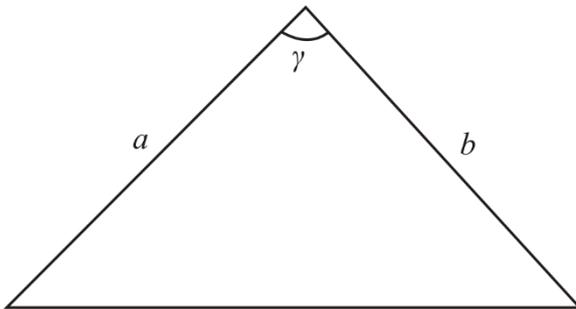
Sinussatz $\Rightarrow a = \frac{c \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$

Kontrolle: Cosinussatz

Aufgabe 3

gegeben: $\alpha = 35^\circ, \beta = 51^\circ, c = 89.00m$

2.7.2 Zwei Seiten und eingeschlossener Winkel gegeben



Gegeben: a, b, γ

Cosinussatz \Rightarrow
 $c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$

Sinussatz $\Rightarrow \sin \alpha = \frac{a \cdot \sin \gamma}{c}$

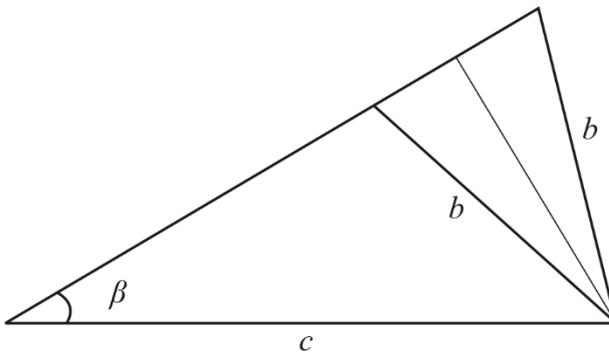
Sinussatz $\Rightarrow \sin \beta = \frac{b \cdot \sin \gamma}{c}$

Kontrolle: Winkelsumme

Aufgabe 4	gegeben: $\gamma = 77^\circ, a = 57.00m, b = 61.00m$
-----------	--

2.7.3 Zwei Seiten und gegenüberliegender Winkel gegeben

Dieser Fall ist besonders zu beachten, da mehrere Lösungen existieren können. Die Strecke b kann nämlich auf beiden Seiten aufgetragen werden:



Gegeben: b, c, β

Sinussatz: $\sin \gamma_1 = \frac{c \cdot \sin \beta}{b} \Rightarrow \gamma_1$
 γ_1 immer zwischen 0 und 90°

$\gamma_2 = 180 - \gamma_1$
 γ_2 immer zwischen 90° und 180°

Winkelsummen $\Rightarrow \alpha_1, \alpha_2$

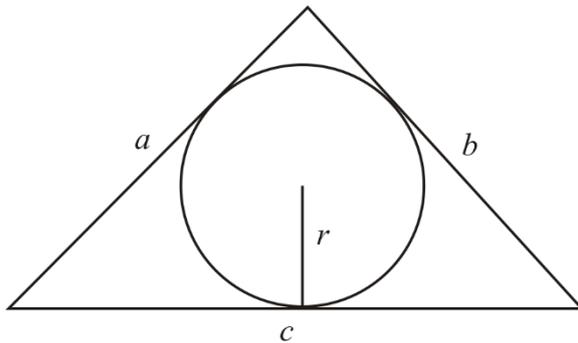
Sinussatz: $a_2 = \frac{c \cdot \sin \alpha_2}{\sin \gamma_2}$

Sinussatz $a_1 = \frac{c \cdot \sin \alpha_1}{\sin \gamma_1}$

Kontrolle: Cosinussatz $c^2 = a^2 + b^2 - 2 \cdot a \cdot b \cdot \cos \gamma$

Aufgabe 5	gegeben: $b = 78.87m, c = 90.00m, \beta = 58^\circ$
-----------	---

2.7.4 Drei Seiten gegeben



Gegeben: a, b, c

halber Umfang $\Rightarrow s$

Inkreisradius $\Rightarrow r$

Tangentenformel $\Rightarrow \alpha, \beta, \gamma$

Kontrolle: Winkelsumme

(1) Lösung über Inkreisradius:

$$s = \frac{a+b+c}{2} \quad r = \sqrt{\frac{(s-a) \cdot (s-b) \cdot (s-c)}{s}}$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{r}{s-a} \quad \tan \frac{\beta}{2} = \frac{r}{s-b} \quad \tan \frac{\gamma}{2} = \frac{r}{s-c}$$

(2) Lösung über Cosinussatz (ungünstiger als über Inkreisradius):

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma \Rightarrow -\frac{c^2 - a^2 - b^2}{2ab} = \cos \gamma \Rightarrow \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} = \cos \gamma$$

Für die anderen Winkel gilt: $\frac{c^2 + b^2 - a^2}{2cb} = \cos \alpha \quad \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2ac} = \cos \beta$

Aufgabe 6	gegeben: $a = 57.65m, b = 87.00m, c = 140.00m$
-----------	--

3 Streckenmessung

3.1 Messmittel

3.1.1 Maßband



- Stahl
- Stahl mit Kunststoffüberzug
- Invar
(= 64,4% Eisen, 35,6% Nickel)
- Kunststoffbänder vermeiden !!

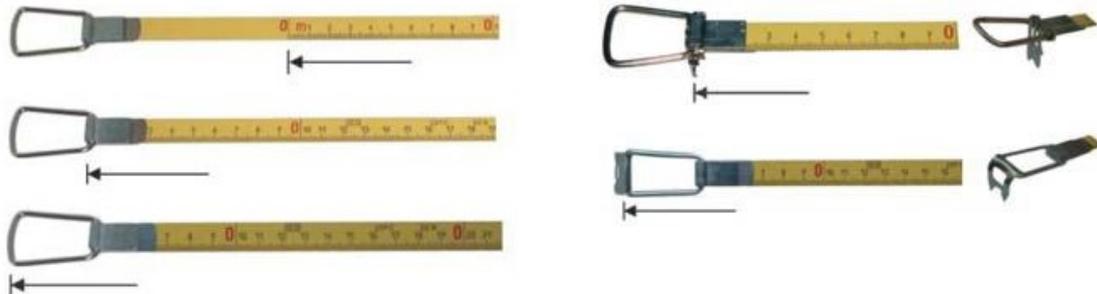
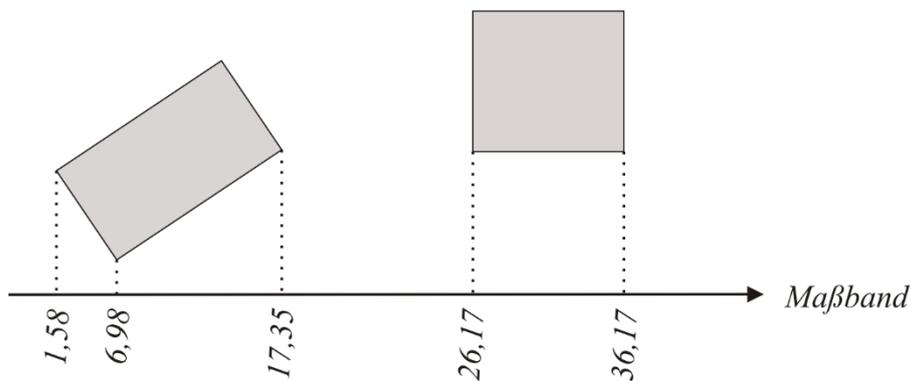


Abbildung: Unterschiedliche Maßbandanfänge

Hinweis:

Keine Einzelmessungen, sondern Durchlaufmaß ablesen und ggf. Differenz bilden.



3.1.2 Elektro-optische Messgeräte

Diese dienen zur Messung von Strecken mit sehr hoher Genauigkeit.

Infrarot-Licht \Rightarrow man benötigt ein Prisma am Zielpunkt

Laser-Licht \Rightarrow berührungslose Messung

Tachymeter \Rightarrow das Distanzmessgerät ist im Fernrohr eingebaut.



Abbildung: Trimble S6

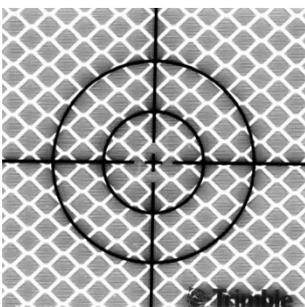


Abbildung: Reflektierende Folie



Abbildung: Prisma



Abbildung: 360°-Prisma

Distomat ⇒ ein handliches Laser-Messgerät.

Da diese Geräte mittlerweile eine Distanz von 200 bis 300 m bestimmen können, sind sie für viele Aufgaben sehr gut geeignet.

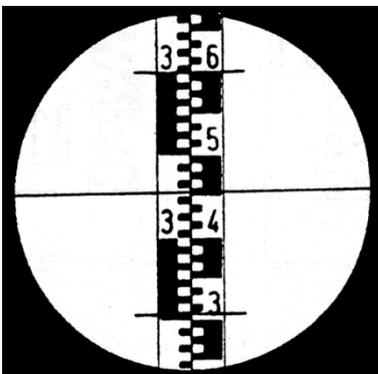
Die Horizontierung erfolgt über eine Libelle.

Nachteilig ist, dass bei Sonnenschein der Laserpunkt nur schwer zu erkennen ist.



3.1.3 Nivellier und Messlatte

Das Fadenkreuz besitzt einen kurzen Ober- und Unterfaden, die zum Abschätzen der Distanz dienen:



$$O - U [cm] \cong D [m]$$

$$O = 3,600 \text{ m} \quad (360,0 \text{ cm})$$

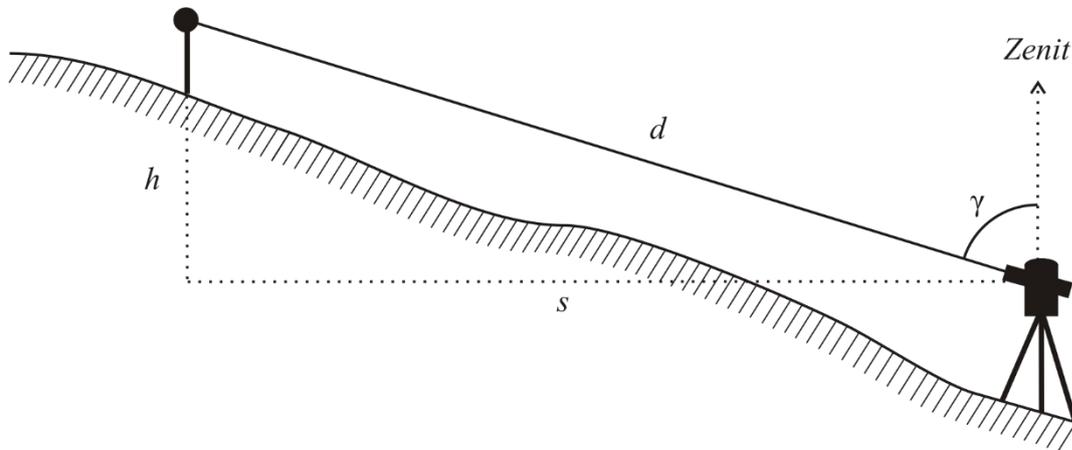
$$U = 3,310 \text{ m} \quad (331,0 \text{ cm})$$

$$O - U = 0,290 \text{ m} \quad (29,0 \text{ cm})$$

$$D \cong 29,0 \text{ m}$$

3.2 Messmethoden

3.2.1 Direkte Streckenmessung mit dem Tachymeter



Zenitwinkel γ : $s = d \cdot \sin \gamma$ $h = d \cdot \cos \gamma$

Horizontwinkel γ_H : $s = d \cdot \cos \gamma_H$ mit $\gamma_H = 90 - \gamma$ $h = d \cdot \sin \gamma_H$

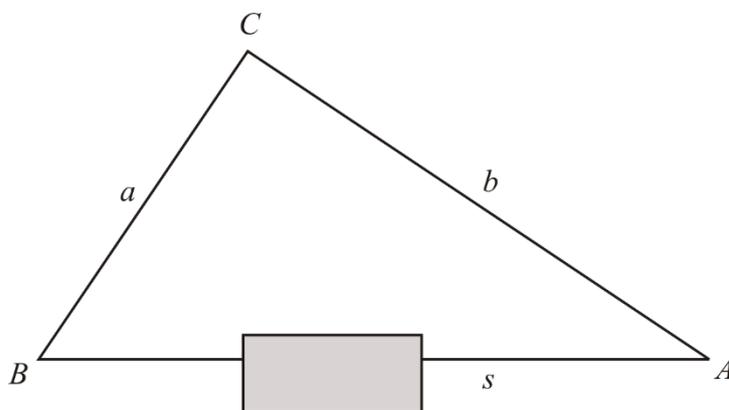
Aufgabe 7	gegeben: $\gamma_H = 35^\circ, d = 89.00m$
	berechne: s, h

3.2.2 Indirekte Streckenmessung

Sie wird dort angewendet, wo die direkte Streckenmessung nicht möglich ist:

- ⇒ wenn ein Sichthindernis vorhanden ist
- ⇒ wenn die zu messende Strecke nicht begehbar ist
- ⇒ wenn das anzumessende Ziel nicht erreichbar ist

Rechtwinkeliges Hilfsdreieck

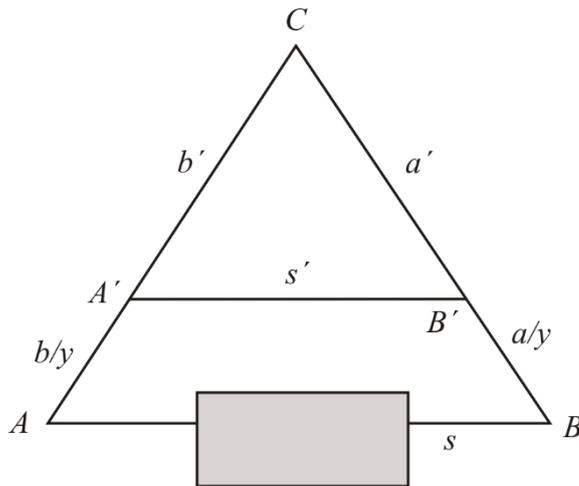


$$s = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a = 33,45m$$

$$b = 46,31m$$

Ähnliche Dreiecke



$$a = 42,45m$$

$$b = 46,31m$$

$$a' = 35,00m$$

$$b' = \frac{a \cdot b}{a'} = 38,18m$$

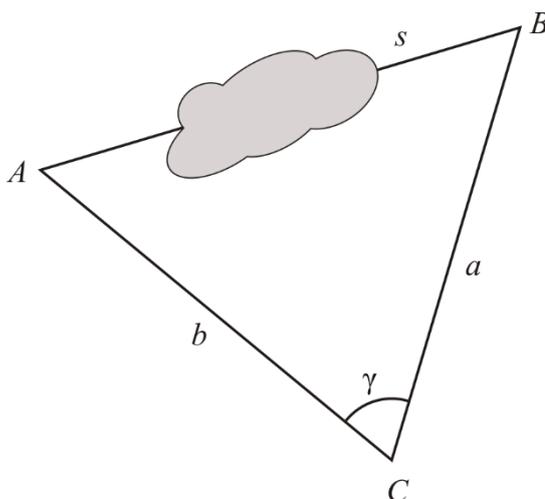
s' wird gemessen: 25,87m

$$s = \frac{a}{a'} \cdot s' = 31,38m$$

- man stellt sich in einem beliebigen Punkt C auf und bestimmt die beiden Seiten a und b
- man verkürzt die Seite a um einen beliebigen Abstand $\Rightarrow A'$ und misst a'
- man berechnet $b' = \frac{a \cdot b}{a'}$ und reduziert die Seite $b \Rightarrow B'$
- die Strecke s' zwischen A' und B' kann gemessen werden
- die gesuchte Seite s ergibt sich aus: $s = \frac{a}{a'} \cdot s'$

Lösungen über zusätzliche Winkelmessung

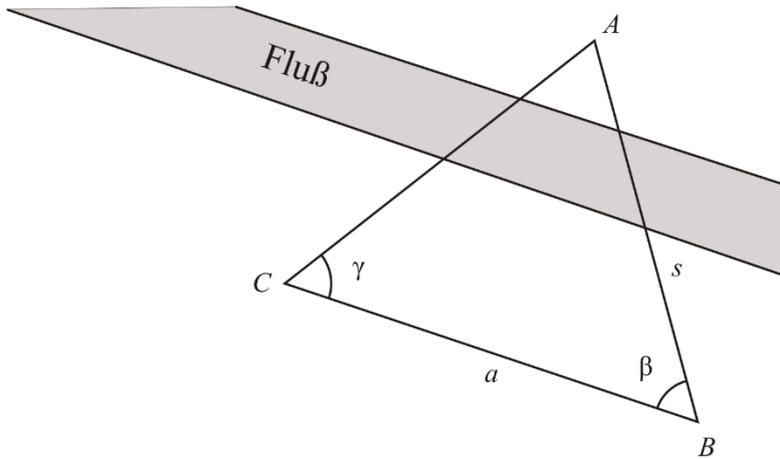
(1) Über Cosinussatz



$$s^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cdot \cos \gamma$$

Der Punkt C ist beliebig wählbar.

(2) Über Fall: Sinussatz



$$s = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} \cdot a$$

mit

$$\alpha = 180 - \beta - \gamma$$

Der Punkt C ist dabei beliebig zu wählen, es sollte jedoch auf eine gute Geometrie geachtet werden (keine zu spitzen Winkel).

3.3 Genauigkeit der Streckenmessung

3.3.1 Elektro-optische Distanzmesser

- ① Reichweite ② Messgenauigkeit



Leica Flexline TS03

- ① 1,5 – 3500 m (Prisma)
500 m (Laser)
② 1,0 mm + 1,5 ppm (Prisma)
2 mm + 2 ppm (Laser)

Leica TS16

- ① 1,5 – 10000 m (Prisma)
1000 m (Laser)
② 0,6 mm + 1,0 ppm (Prisma)
2 mm + 2 ppm (Laser)



LEICA Builder

- ① 80 m (Folie), 250 m (Flachprisma)
② 3 mm + 2 ppm

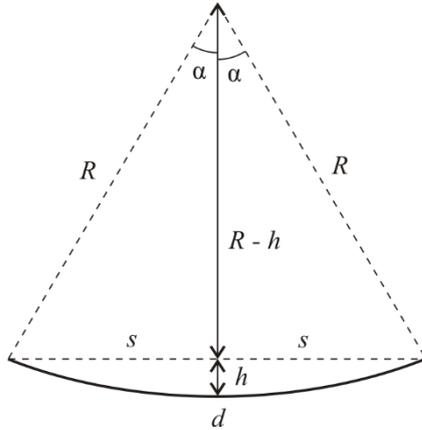


Hilti POS15

- ① 340 m (Flachprisma)
② 3 mm + 2 ppm

3.3.2 Maßband

Durchhang



Bestimmung von Radius R

$$R^2 = (R - h)^2 + s^2$$

$$R = \frac{h^2 + s^2}{2 \cdot h}$$

Bestimmung von Winkel α

$$\sin \alpha = \frac{s}{R}$$

Bestimmung der Bogenlänge d

$$d = R \cdot 2\hat{\alpha}$$

Temperaturausdehnung

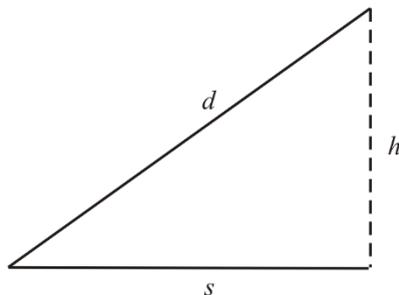


Berechnung der Ausdehnung f

$$f = d \cdot \alpha(T - t) \quad \alpha = 0,0000115$$

- α Ausdehnungskoeffizient
- t Temperatur bei Messung
- T Eichtemperatur
- d abgelesene Strecke

Schrägmessung



$$d^2 = s^2 + h^2$$

$$d = \sqrt{s^2 + h^2}$$

$$f = d - s$$

Kombination aus den systematischen Fehlern

Die Messung einer Strecke von $s = 30\text{ m}$ erfolgt bei einer Außentemperatur von 40° , einem Schrägdistanzfehler von 30 cm und einem Durchhang von 30 cm .

Daraus ergibt sich: $30,000\text{ m} - 0,008 + 0,007 - 0,001 = 30,002\text{ m}$

Der Fehler beträgt also 2 mm .

Bei einer Außentemperatur von 0° beträgt der Fehler 16 mm .

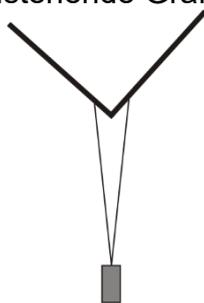
3.3.3 Distomat

Reichweite	0,05 – 200 m (bei größeren Entfernungen müssen Zieltafeln verwendet werden)
Messgenauigkeit	$\pm 2\text{ mm}$ (bis 30 m Entfernung)
Durchmesser Laserpunkt	auf 10 m $\Rightarrow 6\text{ mm}$ auf 30 m $\Rightarrow 50\text{ mm}$ auf 100 m $\Rightarrow 60\text{ mm}$

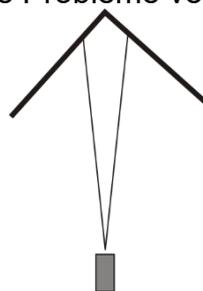
3.3.4 Geometrie Probleme bei reflektorloser Distanzmessung

Mit zunehmender Distanz wird auch der Durchmesser des Lichtkegels größer. Dadurch können erhebliche Ungenauigkeiten in der Distanzmessung entstehen.

Untenstehende Grafiken sollen die Probleme verdeutlichen:



Außenkante



Innenkante



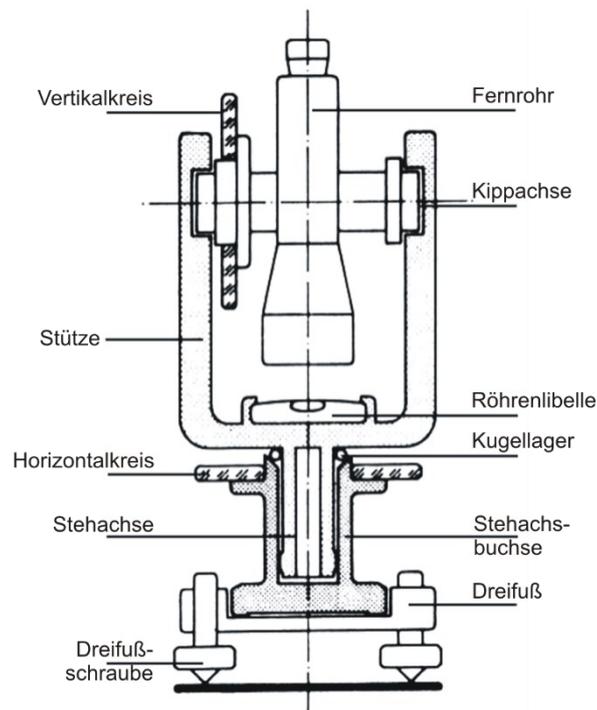
Schräg zur Mauer

Objekte, die Nahe dem Zielstrahl angeordnet sind, können ebenfalls gefährlich werden – vor allem gut reflektierende Objekte (Verkehrstafeln, ...). Man kann das Problem minimieren, indem man kleine Prismen (Zieltafeln) oder Reflexfolien verwendet.

4 Winkelmessung

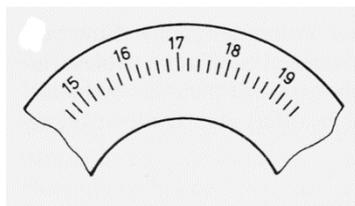
4.1 Der Theodolit / Tachymeter

Der Theodolit dient zum Messen von Richtungen, und zwar horizontal und vertikal. Er kann zusätzlich mit einem elektrooptischen Distanzmesser ausgestattet werden (als Aufsatzmodell oder bereits fix eingebaut).



Der Theodolit kann in 3 Teile gegliedert werden:

1. Untersatz: Grundplatte mit Dreifußschrauben und Dosenlibelle
2. Unterbau: Kugellager / Direktantrieb mit Piezo-Technologie (Magnetismus) samt Horizontalkreis, Kompensator und ggf. einer weiteren Dosenlibelle



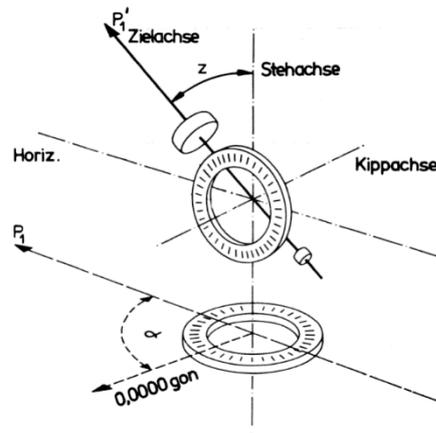
3. Oberbau: Stütze, Vertikalkreis, Fernrohr, Drehknöpfe (vertikal, horizontal)

Moderne elektronische Tachymeter besitzen keine mechanische Röhrenlibelle, sondern eine elektronische Libelle, die am Display ausgegeben wird.

Elektronische Libelle



Achsen



- ⇒ die Stehachse (= vertikale Achse durch den Drehpunkt des Oberbaues)
- ⇒ die Kippachse (= horizontale Achse durch den Drehpunkt des Fernrohres)
- ⇒ die Zielachse (= Achse entlang der Ziellinie im Fernrohr)
- ⇒ Libellenachse (= entlang der Röhrenlibelle, parallel zur Kippachse)

Es muss gelten:

Stehachse	⊥	Kippachse
Zielachse	⊥	Kippachse
Libelle		Kippachse

Zentriervorrichtung

(1) Laserlot

Mit Hilfe eines Laserstrahls wird der Bodenpunkt der Stehachse angezeigt.
Nachteil bei direkter Sonneneinstrahlung!

(2) Optisches Lot

Im Untersatz und/oder im Oberbau des Tachymeters/Theodoliten integriert und besteht aus einem Fernrohr mit Fadenkreuz, bei dem der Sehstrahl um 90° nach unten gelenkt wird.



4.2 Aufstellen über Punkt

In den meisten Fällen muss der Theodolit über einen Bodenpunkt aufgestellt werden, d.h. neben der Horizontierung über die Libellen muss er auch zentriert werden.

1. Schritt: Grobzentrieren des Stativs

Das Stativ wird einmal grob über den Bodenpunkt aufgestellt, wobei der Beobachter ein Stativbein fixiert und die beiden anderen Stativbeine so lange verschiebt, bis der Bodenpunkt im optischen Lot sichtbar ist.

Folgende Punkte sollen berücksichtigt werden:

- ⇒ die Kippachse soll knapp unter der Augenhöhe des Beobachters liegen
- ⇒ das Stativteller soll möglichst horizontal liegen
- ⇒ im geneigten Gelände soll ein Stativbein in der Falllinie liegen
- ⇒ die Stativbeine sollen nicht zu knapp zusammen liegen (Umsturzgefahr)

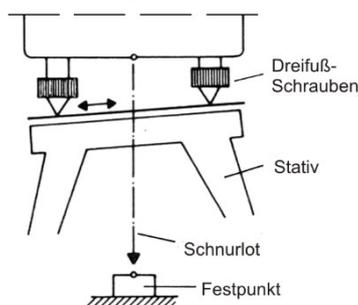
Sind diese Bedingungen erfüllt, können die Stativbeine in den Boden getreten werden.

2. Schritt: Feinzentrieren und Grobhorizontieren

- a. Durch Verdrehen der Fußschrauben wird nun das Fadenkreuz des optischen Lotes über den Bodenpunkt gebracht. Das Gerät ist nun zentriert, die Stehachse steht aber noch nicht lotrecht im Raum.
- b. Durch Verlängern oder Verkürzen der Stativbeine wird nun die Dosenlibelle eingespielt. Es werden nur 2 Stativbeine verwendet!

Da sich durch die Grobhorizontierung die Zentrierung verschoben hat, muss diese wieder nachkorrigiert werden ⇒ man beginnt wieder bei Punkt a.

Wird die Zentrierung nur wenig geändert, so behält man die Horizontierung bei und die Zentrierung wird durch Verschieben des Untersatzes korrigiert (d.h. die Herzschaube wird leicht gelöst und der Theodolit über den Bodenpunkt geschoben). Danach nochmals die Dosenlibelle einspielen.

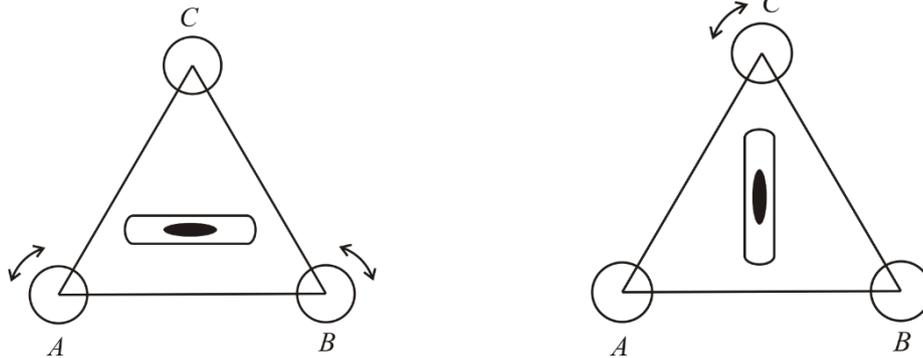


Info: Fußschrauben = Fadenkreuz
Stativbein = Dosenlibelle

3. Schritt: Feinhorizontieren

Der Theodolit wird so verdreht, dass die Röhrenlibelle parallel zu 2 Fußschrauben steht. Die Röhrenlibelle wird mit einer der beiden Fußschrauben eingespült.

Anschließend wird der Theodolit um 90° verdreht und es wird die Libelle mit Hilfe der dritten Fußschraube eingespült.

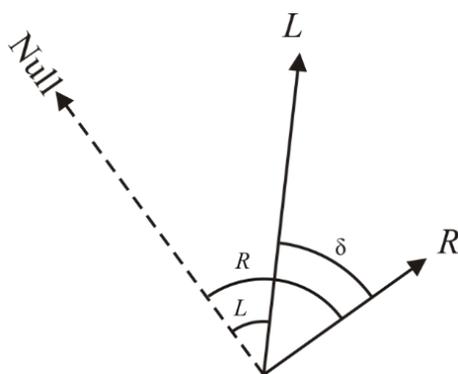


Nun wieder um 90° drehen und Einstellung kontrollieren.

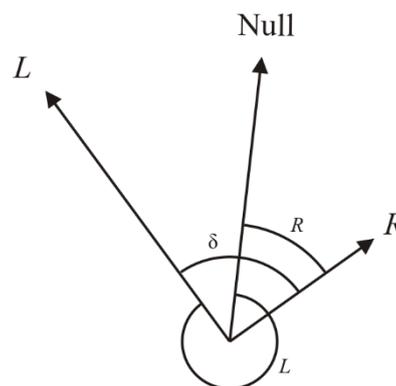
4.3 Horizontalwinkelmessung

Bei der einfachen Winkelmessung werden die Richtungen zu zwei oder mehreren Zielpunkten gemessen und durch die Differenzbildung die Winkel bestimmt:

Der Winkel δ errechnet sich aus der Differenz zwischen rechter und linker Richtung. Ist dieser Wert negativ, so muss ein Betrag von 360° addiert werden (die Nullrichtung des Theodoliten liegt genau zwischen den beiden Richtungen)



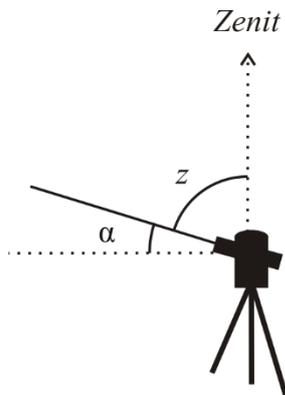
$$\delta = R - L$$



$$\delta = R - L + 360$$

Beispiel	$R = 98^\circ$ $L = 35^\circ$ $\delta = 98 - 35 = 63^\circ$	$R = 63^\circ$ $L = 325^\circ$ $\delta = 63 - 325 + 360 = 98^\circ$
----------	---	---

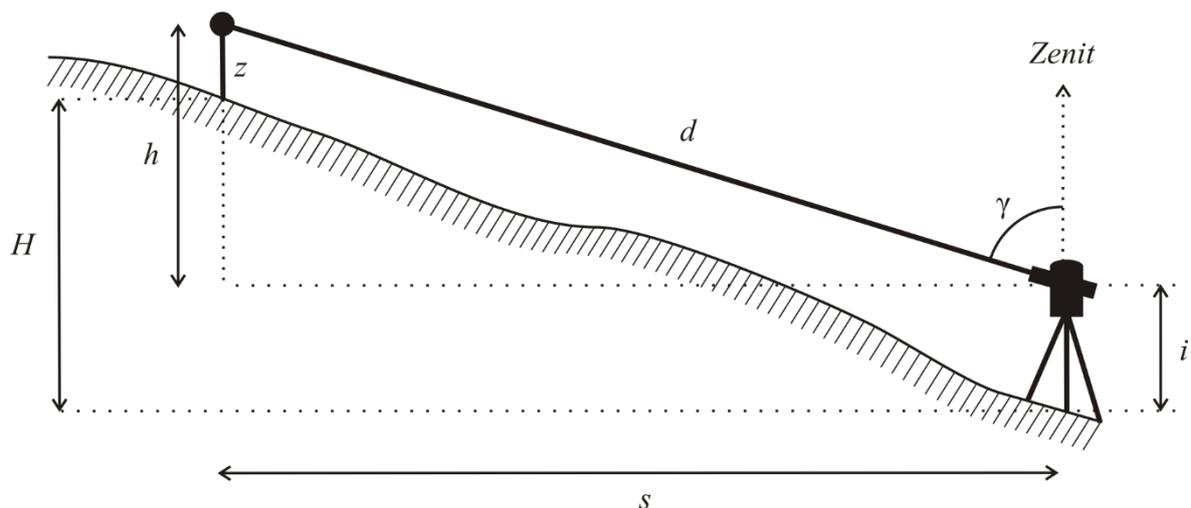
4.4 Vertikalwinkelmessung



Prüfen am Tachymeter, ob Zenitwinkel oder Horizontwinkel eingestellt ist!

4.5 Ausgewählte Beispiele der Winkelmessung

4.5.1 Trigonometrische Höhenmessung



Gemessen wurde: Zenitwinkel γ , Instrumentenhöhe i , Zielhöhe z

Berechnet wurde: Schrägseite s

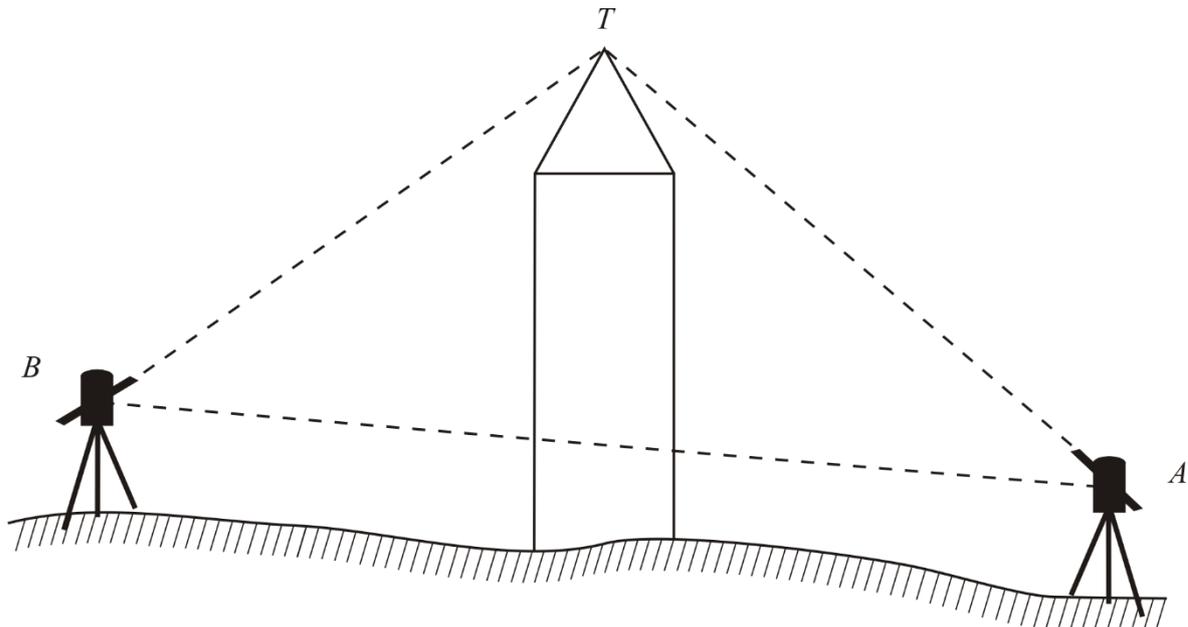
Gesucht wird der Höhenunterschied H zwischen den Punkten A und B .

$$h = d \cdot \sin(90 - \gamma) = d \cdot \cos \gamma$$

$$H = h - z + i = d \cdot \cos \gamma - z + i$$

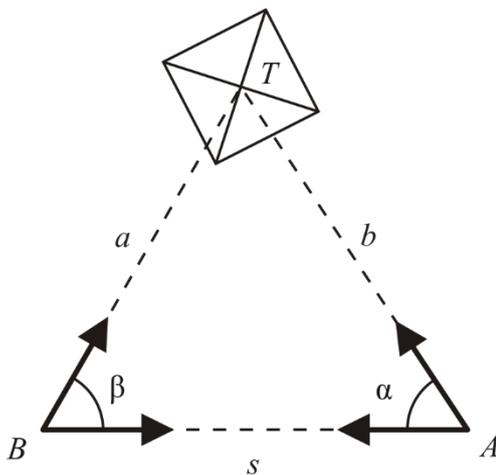
Aufgabe 8	gegeben: $d = 50.290m, \gamma = 78,475^\circ, i = 1.632, z = 1.6m$
-----------	--

4.5.2 Turmhöhenbestimmung



Gemessen werden vom Standpunkt A die Richtungen (horizontal und vertikal) zu Turm T und Punkt B sowie vom Standpunkt B aus nach A und T . Weiters wird die horizontale Seite s zwischen A und B bestimmt.

1. Schritt: Auflösung des horizontalen Dreiecks (Ansicht im Grundriss)



$$\alpha = t_{AT} - t_{AB}$$

$$\beta = t_{TA} - t_{BT}$$

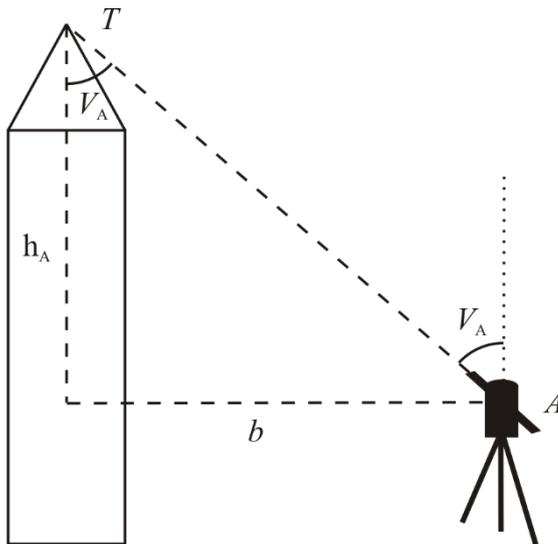
$$\gamma = 180 - \alpha - \beta$$

Sinussatz:

$$a = \frac{s \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$$

$$b = \frac{s \cdot \sin \beta}{\sin \gamma}$$

2. Schritt: Auflösung des vertikalen Dreiecks im Punkt *A* (Ansicht im Aufriss)

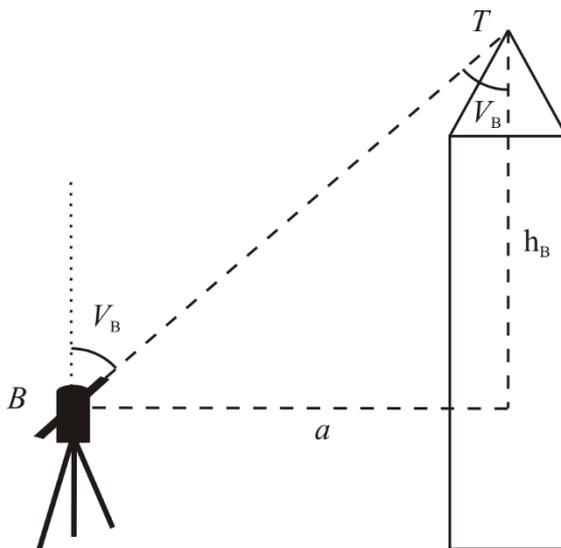


$$h_A = \frac{b}{\tan V_A}$$

$$H_T = H_A + i_A + h_A$$

H_A = Höhe des Bodenpunktes *A*

3. Schritt: Auflösung des vertikalen Dreiecks im Punkt *B* (= Kontrolle)



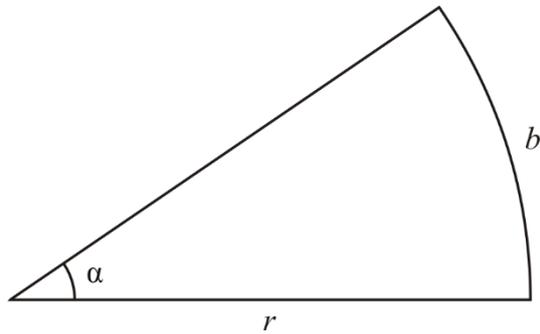
$$h_B = \frac{a}{\tan V_B}$$

$$H_T = H_B + i_B + h_B$$

H_B = Höhe des Bodenpunktes *B*

Aufgabe 9		gegeben ist folgendes Messprotokoll:					
von	nach	H_z	V_z	s	i	H	
<i>A</i>	<i>B</i>	0,000°	-	67,234m	1,635	208,44	
<i>A</i>	<i>T</i>	32,400°	47,877°				
<i>B</i>	<i>A</i>	0,000°	-	67,234m	1,573	200,00	
<i>B</i>	<i>T</i>	330,000°	43,525°				

4.6 Genauigkeit der Winkelmessung



$$\hat{\alpha} = \alpha^{\circ} \cdot \frac{2\pi}{360}$$

$$b = r \cdot \hat{\alpha}$$

Mit den Werten $r = 100 \text{ m}$ und $\alpha = 0,01^{\circ}$ ergibt sich ein Wert für den Bogen von $b = 1,7 \text{ cm}$.

Will man also eine Genauigkeit von $0,5 \text{ cm}$ erreichen, wird eine Winkelgenauigkeit von $0,003^{\circ}$ auf 100 m benötigt.

Distanz = 50 m , Winkel = $0,01^{\circ} \Rightarrow 0,9 \text{ cm}$

Distanz = 30 m , Winkel = $0,01^{\circ} \Rightarrow 0,5 \text{ cm}$

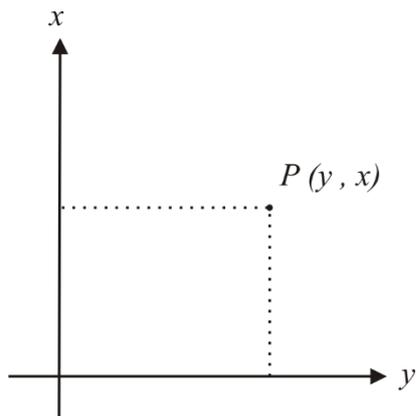
5 Koordinatenrechnung

5.1 Definitionen

5.1.1 Koordinatensystem

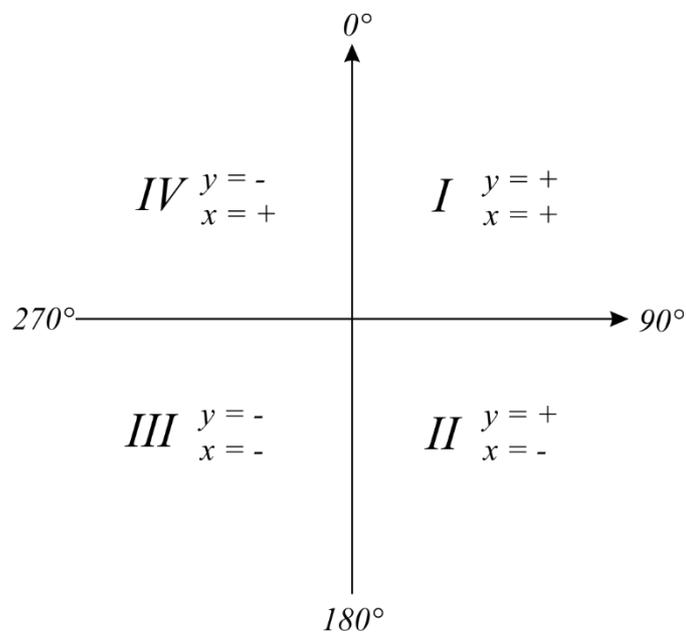
Die rechtwinkligen Abstände eines Punktes P von den Koordinatenachsen werden als seine Koordinaten x und y bezeichnet.

Der Schnittpunkt der Koordinatenachsen heißt Nullpunkt oder Ursprung.



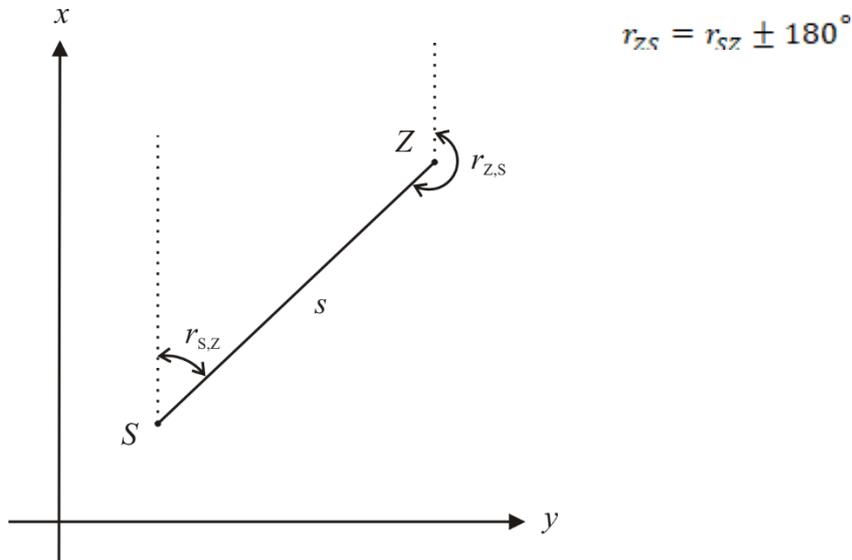
- die positive x -Achse geht nach Norden
- die positive y -Achse geht nach Osten
- beide Achsen bilden einen rechten Winkel

Das Koordinatensystem wird in 4 Quadranten unterteilt. Denkt man sich den Ursprung des Koordinatensystems im Standpunkt, so befindet sich der Zielpunkt in einem bestimmten Quadranten:



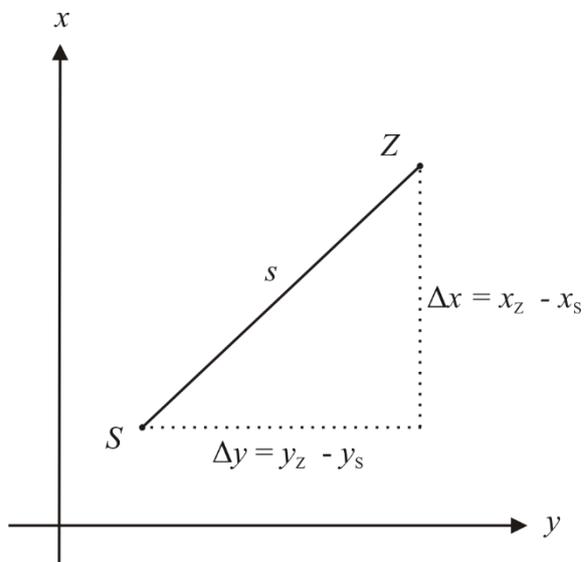
5.1.2 Richtungswinkel

Der Richtungswinkel r ist der Winkel zwischen der Nordrichtung und einer beliebigen Richtung zu einem Zielpunkt – immer im Uhrzeigersinn gerechnet.



5.1.3 Koordinatendifferenzen

Sind Standpunkt S und Zielpunkt Z in einem Koordinatensystem gegeben, kann man ein rechtwinkeliges Dreieck definieren:

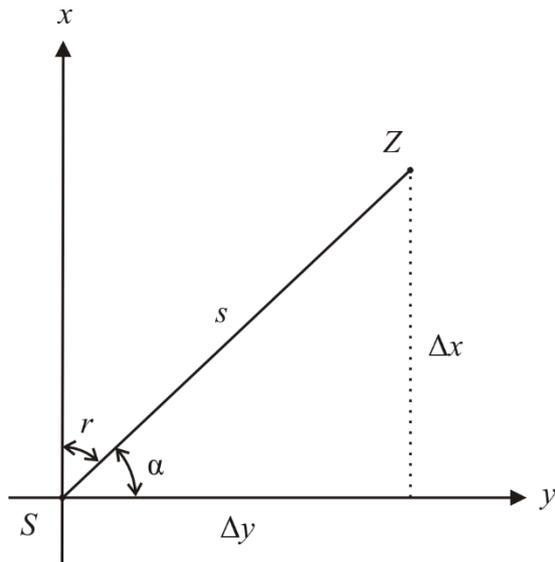


$$\Delta y = y_z - y_s$$

$$\Delta x = x_z - x_s$$

Beachte:

„Zielpunkt minus Standpunkt“



Winkeldefinitionen:

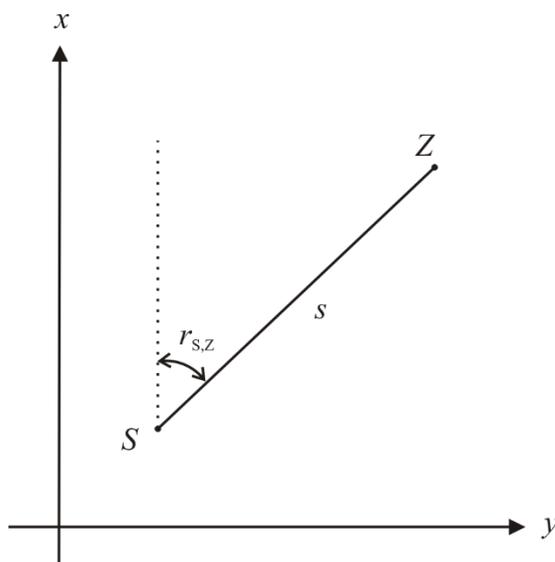
$$\sin \alpha = \cos r = \frac{\Delta x}{s}$$

$$\cos \alpha = \sin r = \frac{\Delta y}{s}$$

$$\tan r = \frac{\sin r}{\cos r} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

5.2 Erste Hauptaufgabe der Koordinatenrechnung (= Lageaufnahme)

Von einem gegebenen Standpunkt S (y_S, x_S) wird ein Richtungswinkel r und eine Seite s gemessen. Gesucht werden die Koordinaten des Zielpunktes Z.



Lösung:

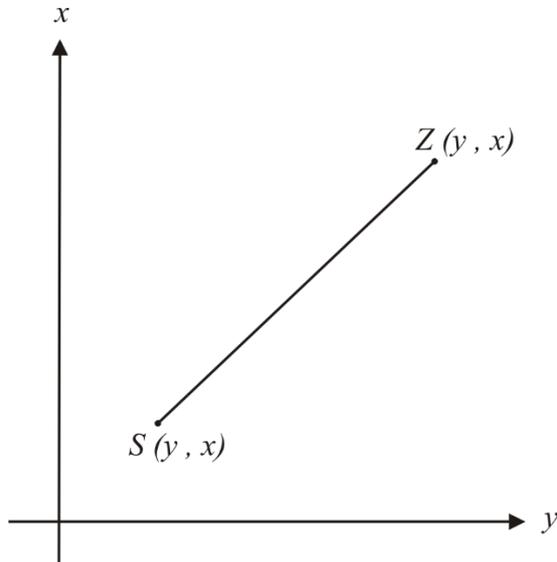
$$y_Z = y_S + s \cdot \sin r$$

$$x_Z = x_S + s \cdot \cos r$$

Aufgabe 10	gegeben: Punkt S: $y = 50,00\text{m}, x = 20,00\text{m}$
	gemessen: $s = 100\text{ m}, r = 45,000^\circ$
	gesucht: Koordinaten von Punkt Z

5.3 Zweite Hauptaufgabe der Koordinatenrechnung (= Absteckung)

Zwei Punkte S und Z sind gegeben und man berechnet die Seite s zwischen den Punkten und den Richtungswinkel von S nach Z.



Lösung:

$$\Delta y = y_Z - y_S$$

$$\Delta x = x_Z - x_S$$

$$s = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2}$$

$$\tan r_{S,Z} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Das Problem liegt in dieser Aufgabe darin, dass mehrere Winkel den gleichen Sinuswert ergeben. Beispiel: der Sinuswert von 60° ist identisch mit jenem von 120° . Dasselbe gilt auch für den Cosinus.

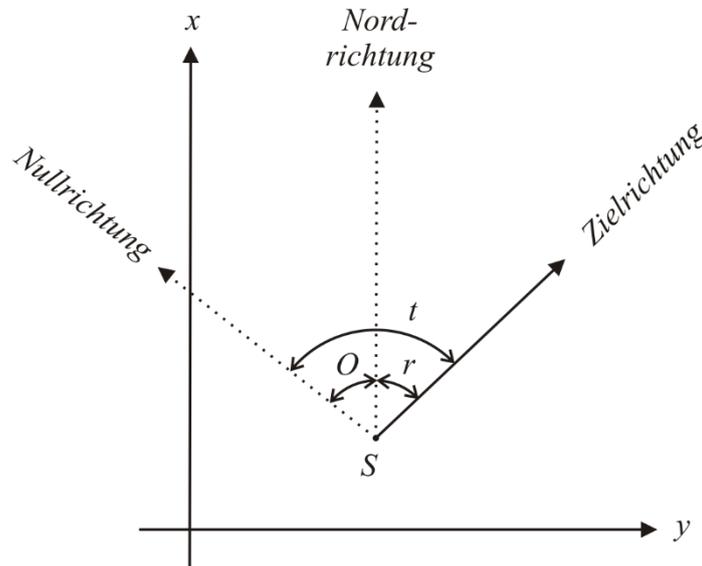
Bei der Berechnung des Richtungswinkels ist daher der dazugehörige Quadrant von zentraler Bedeutung:

IV. Quadrant: $\left. \begin{matrix} \Delta y = - \\ \Delta x = + \end{matrix} \right\} r + 360^\circ$	I. Quadrant: $\left. \begin{matrix} \Delta y = + \\ \Delta x = + \end{matrix} \right\} r$
III. Quadrant: $\left. \begin{matrix} \Delta y = - \\ \Delta x = - \end{matrix} \right\} r + 180^\circ$	II. Quadrant: $\left. \begin{matrix} \Delta y = + \\ \Delta x = - \end{matrix} \right\} r + 180^\circ$

Aufgabe 11	gegeben: Standpunkt S	$y = 108.78 \text{ m}$	$x = 100.90 \text{ m}$
	Zielpunkt Z	$y = 50.67 \text{ m}$	$x = 22.34 \text{ m}$
	gesucht: Richtungswinkel r und Seite s		

5.4 Orientierung

Ist der Winkel zwischen der Tachymeter-Nullrichtung und der x -Achse des Koordinatensystems:



- t abgelesene Richtung
- r Richtungswinkel
- O Orientierung

Alle Richtungen t , die am Theodolit abgelesen werden, müssen orientiert werden. Dies ist nur dann möglich, wenn neben dem Standpunkt mindestens ein Zielpunkt gegeben ist:

1. Schritt: mit Hilfe der 2. Hauptaufgabe berechnet man sich den Richtungswinkel r zwischen S und Z

$$\tan r_{S,Z} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \Rightarrow r_{S,Z}$$

2. Schritt: man berechnet die Orientierung

$$O = t_{S,Z} - r_{S,Z} \quad t_{S,Z} \dots \text{ abgelesener Winkel am Theodolit}$$

3. Schritt: alle Theodolit-Winkel dieses Standortes können in einen Richtungswinkel umgewandelt werden:

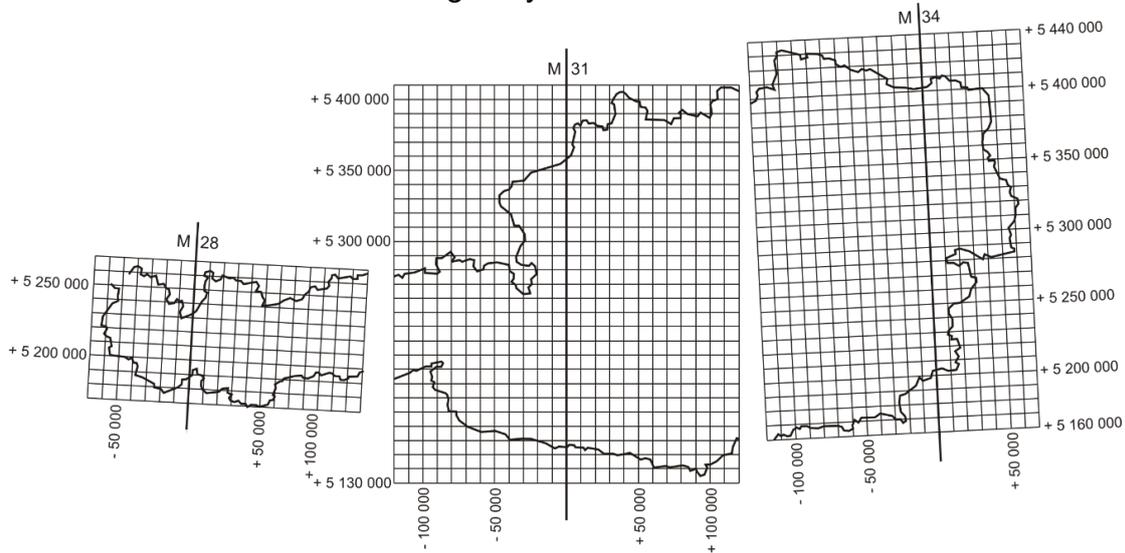
$$r_i = t_i - O$$

Info: der Orientierungswinkel kann auch negativ sein!

5.5 Koordinatensysteme

5.5.1 Amtliches Gauß-Krüger-System (MGI)

Für die Koordinatenberechnung ist man von einem System ausgegangen, bei dem die x -Richtung nach Norden und die y -Richtung nach Osten weist. Dies entspricht auch dem amtlichen Gauß-Krüger-System:



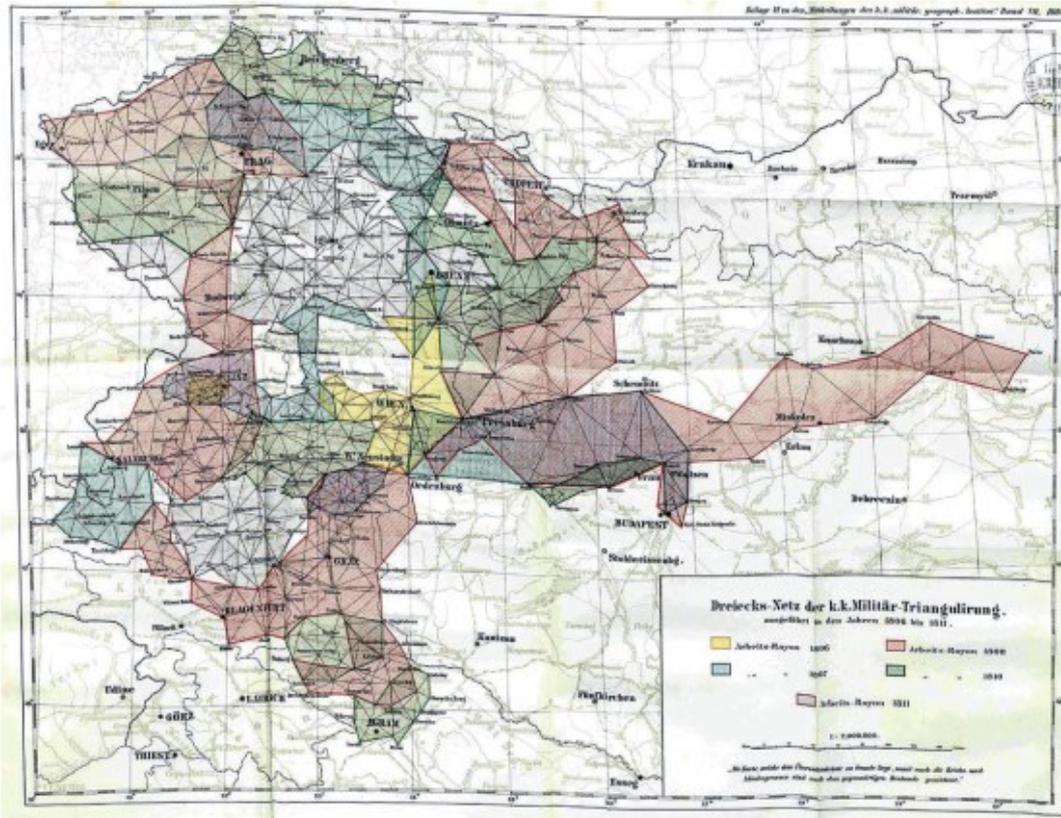
1. Ursprung am Äquator
2. Erdkrümmung der Erde → 3 Streifen (28°, 31° und 34° östlich von Ferro)



3. Es gibt amtliche Festpunkte (siehe Anhang)
4. Unterschiedliche Stabilisierung



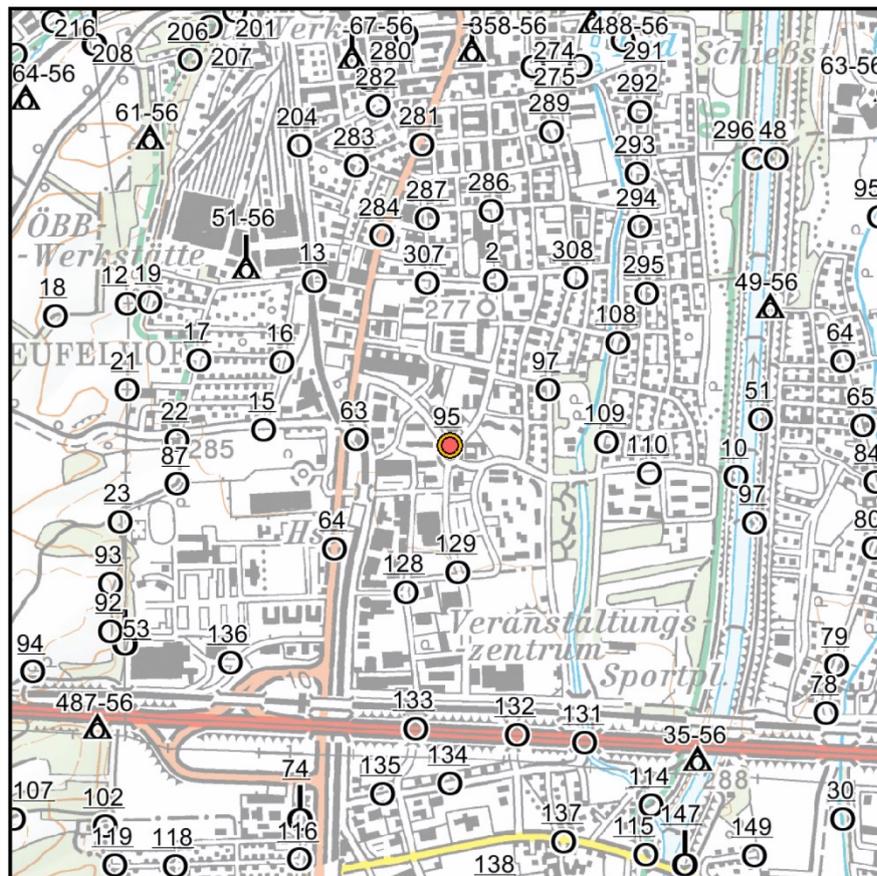
Festpunktberechnung über Dreiecksnetz



Messung einer Basislinie mit Invar-Draht



Festpunktübersicht

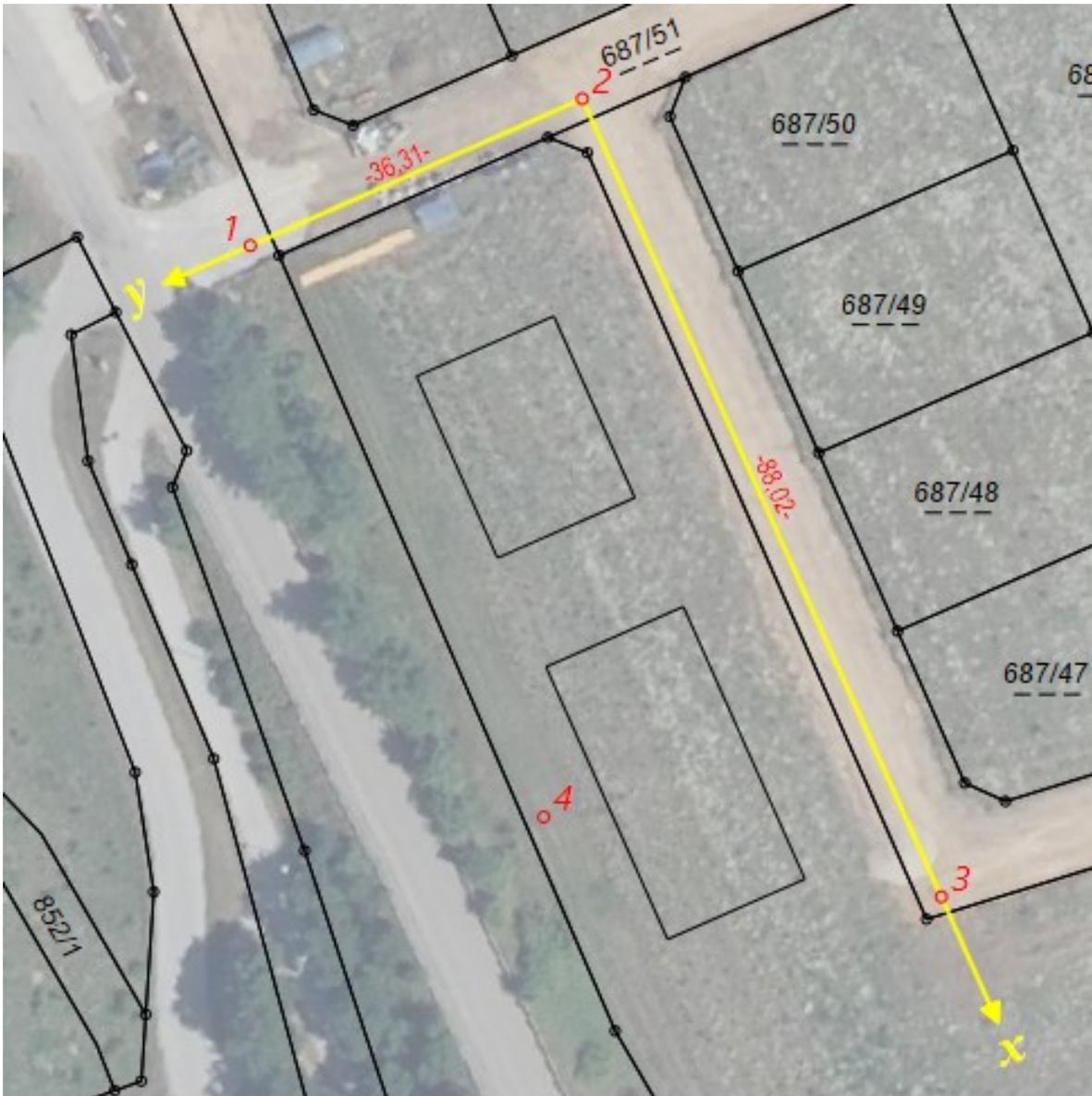


Anmeldung über www.bev.gv.at

Dreiecke = Triangulierungspunkte (TP, KT)
Zusatz Strich = Hochpunkt (z.B. Silo, Mast, Sendeanlage ...)
Zusatz Kreuz = Kirche
Genauigkeit 5cm

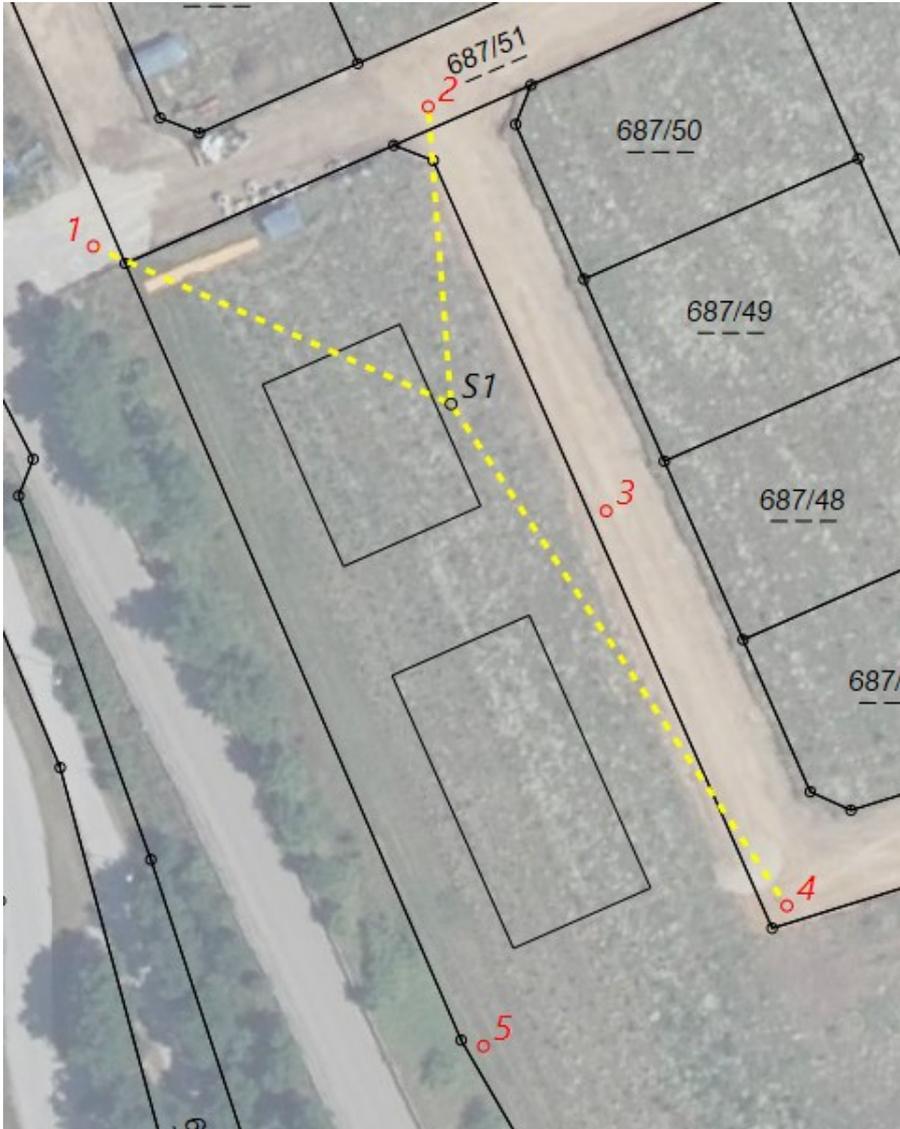
Kreise = Einschaltpunkte (EP)
Genauigkeit 7cm

5.5.2 Lokales System



Basislinie = Punkt 2 \Rightarrow Punkt 3 = x-Achse
Rechtwinkelig im Uhrzeigersinn = y-Achse \Rightarrow Punkt 1
Weitere Punkte werden im lokalen System durch Messungen bestimmt

5.6 Freie Stationierung



- Beliebige Standortwahl des Tachymeters (nicht über Punkt)
- Mind. 2 Anschlussrichtungen messen (Richtung und Distanz)
- 3 Anschlussmessungen empfehlenswert (Kontrolle)
- Winkel zu Anschlussrichtungen idealerweise zwischen 60° und 120°
- Koordinaten des Standpunktes werden berechnet, Fehlerwert wird ausgegeben

Vorteil:

- Schnelle Aufstellung (keine Zentrierung über Punkt notwendig)
- Idealer Aufstellungsort (wo man die beste Beobachtung hat)

5.7 Bogenabsteckung

Ziel dieser Aufgabe ist es, einen vorgegebenen Bogen in die Natur zu übertragen, wobei die einzelnen abzusteckenden Bogenlängen von gleicher Länge sein sollen.

5.7.1 Aufgabenstellung

Zwischen den Strecken $\overline{101,102}$ und $\overline{103,104}$ ist ein Bogen mit Radius $R = 759,38$ m und einem Winkel von $\gamma = 85,57^\circ$ gegeben.

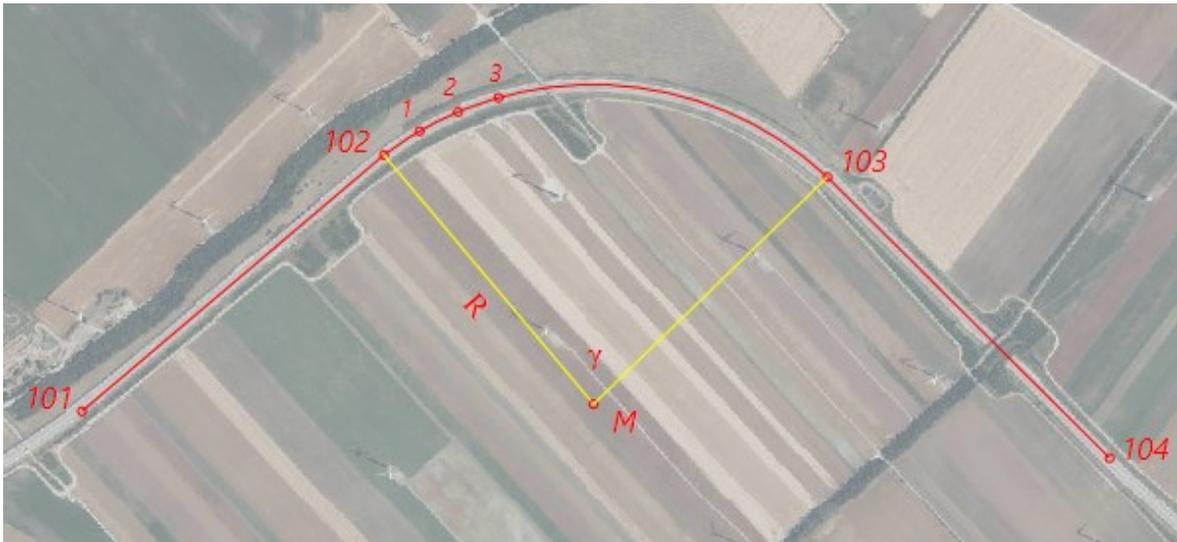
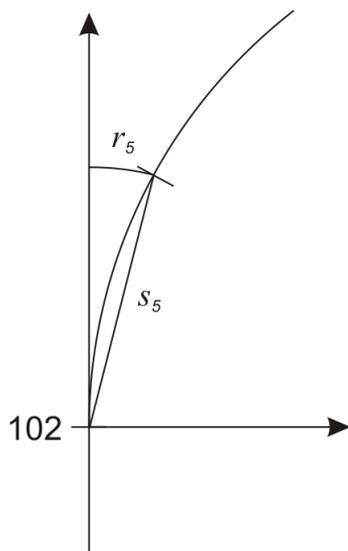


Abbildung: A6 zwischen Knoten Parndorf und Abfahrt Potzneusiedl, $M = 1:1000$

Berechnung der Polarkoordinaten (Winkel r , Sehne s) von Absteckpunkten 1... ausgehend von Punkt 102



$$r_1 = \frac{b}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi}$$

$$s_1 = 2R \sin r_1$$

Punkt 1: Bogenlänge $b = 100 \text{ m}$ $\Rightarrow r_1 = \frac{b}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi} = 3,773^\circ \Rightarrow s_1 = 99,93 \text{ m}$

Punkt 2: Bogenlänge $b = 200 \text{ m}$ $\Rightarrow r_2 = \frac{b}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi} = 7,546^\circ \Rightarrow s_2 = 199,45 \text{ m}$

Hinweis: $r_2 = 2 * r_1$

Punkt 3: Bogenlänge $b = 300 \text{ m}$ $\Rightarrow r_3 = \frac{b}{2 \cdot R} \cdot \frac{180}{\pi} = 11,319^\circ \Rightarrow s_3 = 298,09 \text{ m}$

Hinweis: $r_3 = 3 * r_1$

Umsetzung in die Natur:

1. Aufstellung auf Punkt 102
2. Orientierung auf Punkt 101 ($H_z = 0$)
3. Winkel $180 + r_1$ einstellen und Seite s_1 abtragen

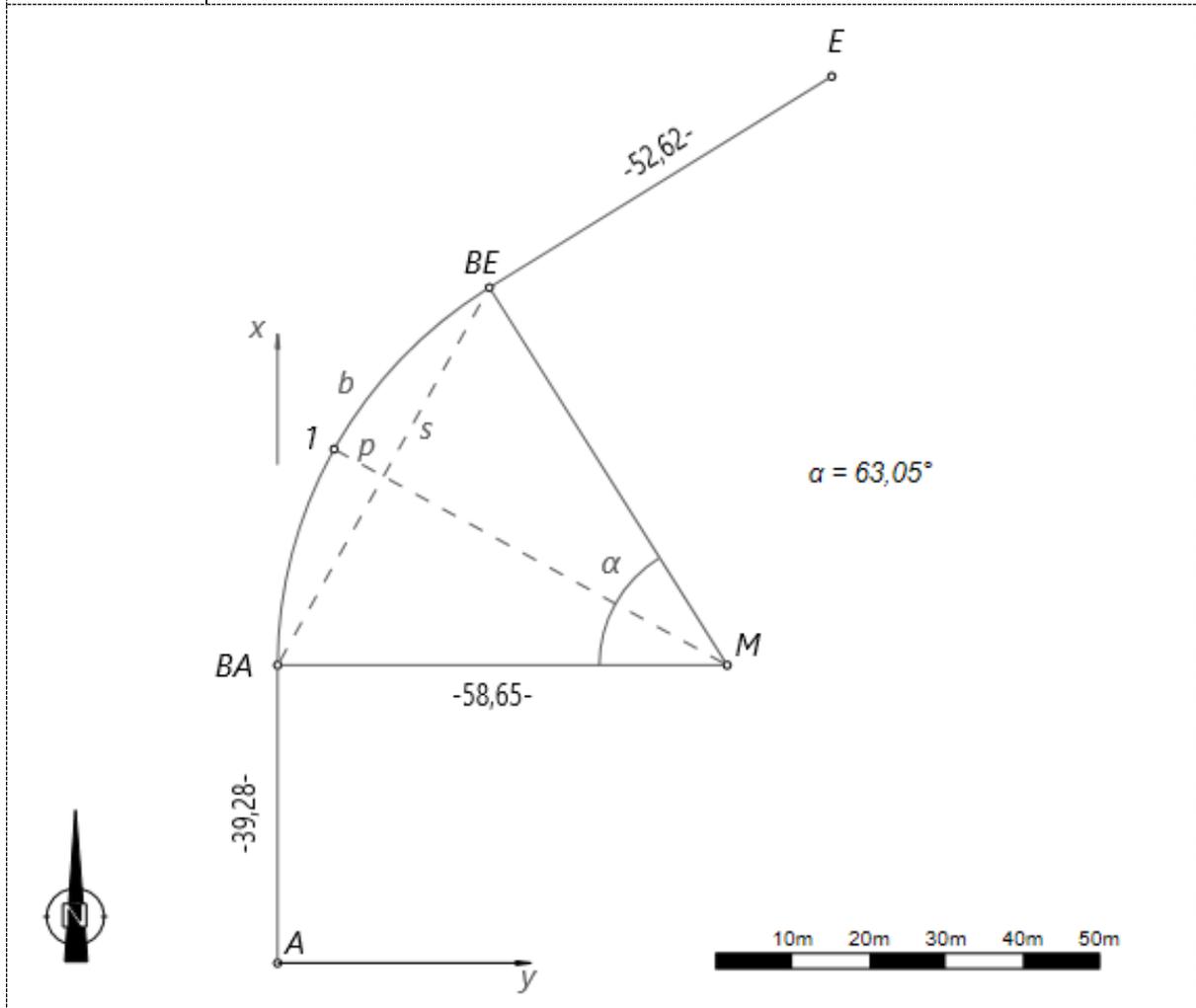
Berechnung über Koordinaten:

$$y_1 = y_{102} + s_1 * \sin r_1 = 0,00 + 99,93 * \sin 3,773 = 6,58 \text{ m}$$

$$x_1 = x_{102} + s_1 * \cos r_1 = 0,00 + 99,93 * \cos 3,773 = 99,71 \text{ m}$$

Aufgabe 12

1. Berechne die Bogenlänge b von BA nach BE
2. Berechne die Sehne s
3. Berechne die Pfeilhöhe p
4. Berechne die Koordinaten von BA, M, BE, I und E
5. Berechne Richtungswinkel und Seite von Standpunkt E zu Zielpunkt M



6 Satellitengestützte Messmethoden

6.1 Satellitensystem

- Ursprünglich von den USA entwickelt und ausgebaut (GPS = *Global Positioning System*), aber auch GLONASS (russisch), Galileo (EU), Beidou (chinesisch)
- Zu jeder Tages- und Nachtzeit mind. 4 Satelliten sichtbar
- Entfernung von der Erde ca. 20200 km
- 6 Bahnebenen (jeweils um 60° verdreht) und gegen Äquatorebene um 55° geneigt
- Gemessen wird die Zeit, die ein Signal vom Satelliten zum Empfänger auf der Erde benötigt

6.2 Bodensystem



Antenne (= Empfänger)

- Empfängt und verarbeitet die Signale in Echtzeit \Rightarrow Anzahl der Kanäle
- SIM-Karte für den Empfang von Korrekturdaten (APOS, EPOSA, ...)
- Verbindung von Controller zu Empfänger per Bluetooth

Controller

- Verarbeitet übertragene Signale des Empfängers und berechnet die Position in einem bestimmten Koordinatensystem \Rightarrow ETRS89, WGS84
- Verwaltet Jobs (Punkte, Messdaten) und liefert die Messfunktionen (Aufnahme, Absteckung, ...)

Lotstange

- Ausziehbar, meist Standardhöhe von 2,00 m eingestellt

6.3 Korrekturdaten online (RTK = real time kinematic)

Über viele Bodenstationen werden die Satellitensignale in Echtzeit („real time“) gemessen, zentral verwaltet und berechnet \Rightarrow Korrekturdaten über einen großen Bereich (z.B. Österreich) sind verfügbar.

Korrektursignal (z.B. APOS) wird über Mobile Internet ausgestrahlt und ersetzt die fixe Bodenstation für Genauigkeiten in der Lage (nicht Höhe!).

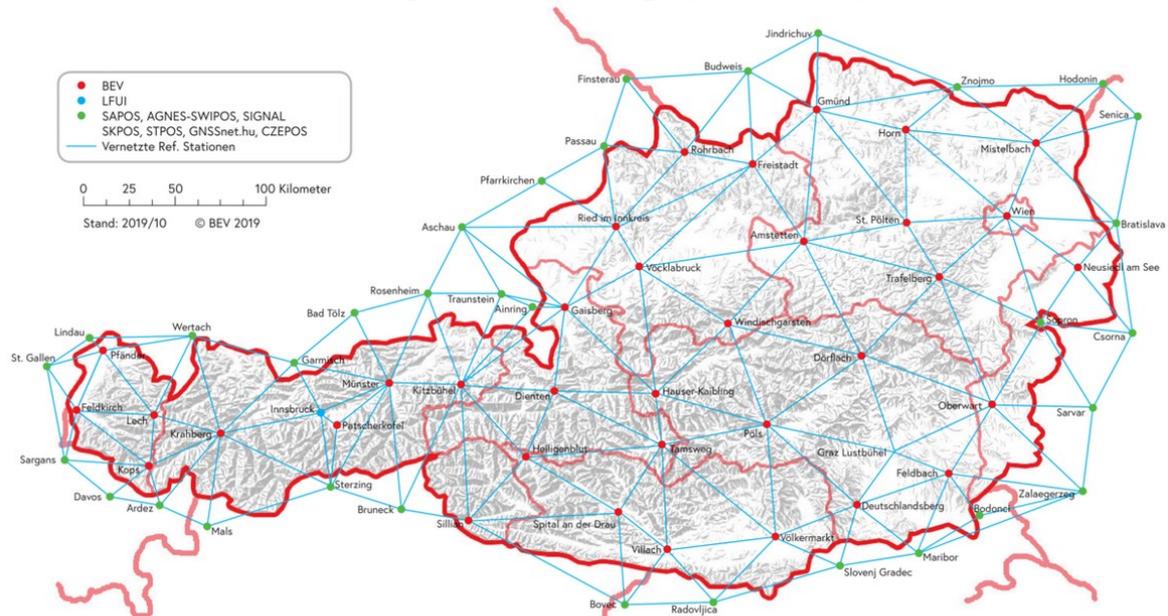
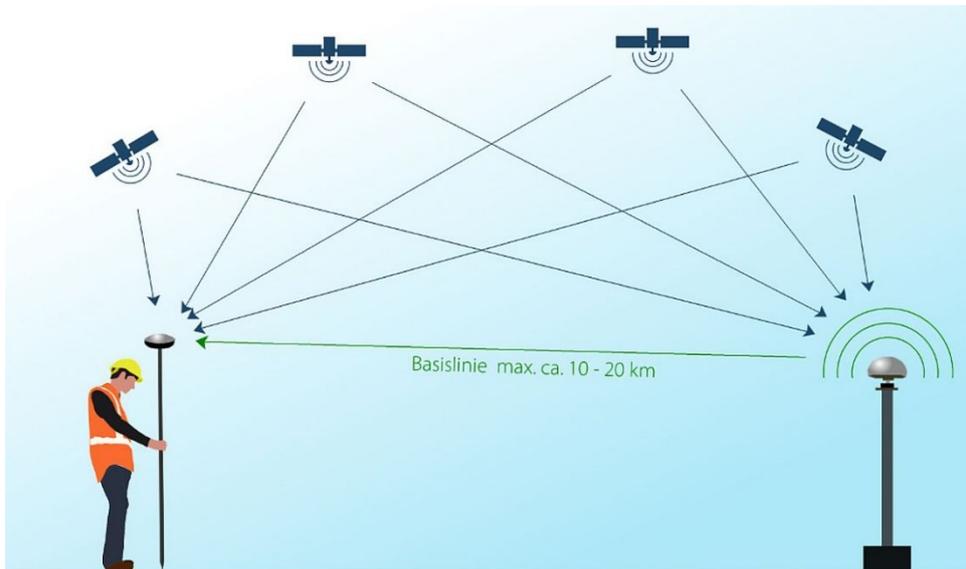


Abbildung: Standorte der Bodenstationen



Abbildung: ORS-Sendeanlage Patscherkofel mit APOS-Referenzstation

6.4 Differentielles GPS (DGPS)



- **Referenzstation**
GNSS-Station fix über bekannten Bodenpunkt \Rightarrow die gemessenen Werte werden mit Korrekturdaten (z.B. APOS) berechnet und mit den Koordinaten des Bodenpunktes verglichen
- **Mobile Station**
Gemessene Werte werden mit Korrekturdaten berechnet \Rightarrow über Funk mit Referenzstation verbunden \Rightarrow erhält Korrekturwerte zwischen IST- und SOLL-Koordinaten \Rightarrow hohe Genauigkeit in Lage und Höhe
- **Basislinie**
Ist der Abstand zwischen Bodenstation und mobiler Einheit \Rightarrow kann bis zu 20 km betragen.



Abbildung: Bagger mit 2 GNSS-Antennen und Steuerbox

6.5 Transformation

GNSS-Systeme verwenden ellipsoidische Koordinatensysteme wie WGS84 bzw. ETRS89, d.h. die gemessenen Koordinaten eines GNSS-Rovers sind nicht im Gauß-Krüger-System vorhanden.

Umrechnung über Passpunkte, d.h. man verwendet Punkte, dessen Koordinaten in beiden Systemen vorhanden sind.



Abbildung: Parameter der Transformation – Globale Parameter vom BEV

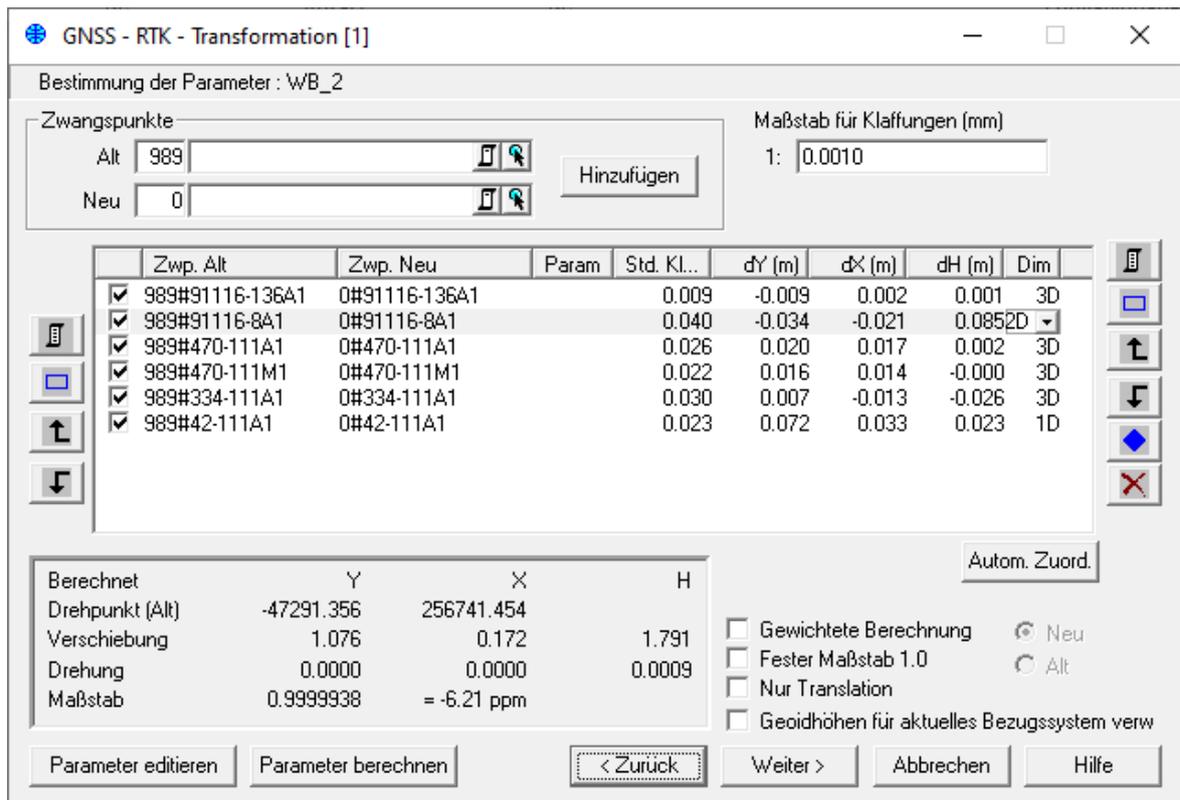


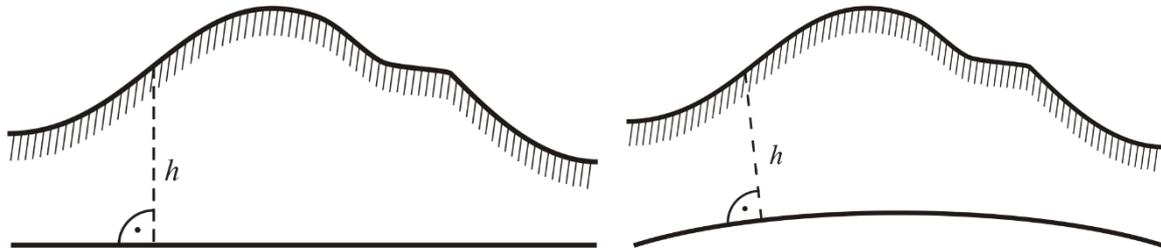
Abbildung: Passpunkte und deren Klaffungen (Genauigkeiten) und berechnete Transformation

7 Nivellement

7.1 Höhensysteme

Ausgangspunkt = Bezugspunkt (Null-Höhe, Normalnull)

Bezugshorizont = Fläche durch den Ausgangspunkt (Rotationsellipsoid)



Die Höhe eines beliebigen Punktes ist sein vertikaler Abstand von dieser Bezugsfläche.

7.1.1 Absolute Höhen

Bezugspunkt = Pegel in Triest (Molo Sartorio, beobachtet 1875 und 1900)

Bezugsfläche = Rotationsellipsoid von Bessel





Abbildung: Typischer Messtrupp in der Kaiserzeit

Als Stabilisierung von Höhenfestpunkten werden u.a. verwendet:

- horizontale Höhenbolzen (meist an Hauswänden)
- vertikale Höhenbolzen (meist auf Brücken und gemauerten Zäunen)
- Bolzen, Rohre, Nägel für lokale Höhenpunkte



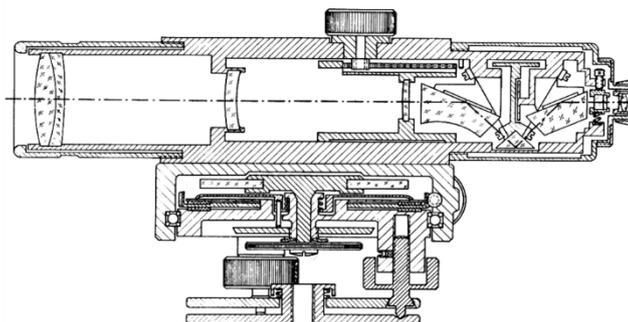
7.1.2 Relative Höhen

Bezugspunkt = lokale Punkt (Kanaldeckel, Randsteinkante, ...)
Bei Bauprojekten von der 1. Bauinstanz vorgegeben!

7.2 Messmittel

7.2.1 Optisches Nivelliergerät

Besteht im Wesentlichen aus einem Dreifuß mit Fußschrauben und einer Dosenlibelle (=Unterbau) sowie einem Fernrohr mit Röhrenlibelle bzw. einem Kompensator (= Oberbau).



Dosenlibelle grob horizontalisiert, die Feineinstellung erfolgt entweder über eine Röhrenlibelle oder wird durch einen internen Kompensator ersetzt (= automatische Nivelliere, heutzutage Standard-Ausführung).

Anmerkung:

In der technischen Beschreibung eines Nivellier wird der Winkel angegeben, den ein Kompensator ausgleichen kann.

Technische Daten	RUNNER 20	RUNNER 24
Standardabweichung pro km		
Doppelnivellement	2.5 mm	2.0 mm
Fernrohr		
Fernrohrbild	aufrecht	
Vergrößerung	20 x	24 x
Freier Objektivdurchmesser	36 mm	
Kürzeste Zielweite	0.8 m	
Multiplikationskonstante	100	
Additionskonstante	0	
Kompensator		
Neigungsbereich	± 15'	
Einspielgenauigkeit (Std. Abw.)	0.5"	
Empfindlichkeit der Dosenlibelle	10' / 2 mm	
Horizontalkreis (Metall)	360 °	
Skalenintervall des Hz-Kreises	1°	
Gewicht (netto)	2 kg	
Temperaturbereich Messung	-20 °C bis +50 °C	

7.2.2 Lasergerät

Lasergeräte können wie normale Nivelliere verwendet werden, doch an Stelle einer Visur-Einrichtung wird ein Laserstrahl verwendet.

Richtstrahl-Laser

Sie werden vor allem im Kanal-, Tunnel- und Brückenbau (für die Einrichtung der Schalung) sowie zur Fassadeneinmessung verwendet.

Eine automatische Erdkrümmungskorrektur kann dabei aktiviert werden.



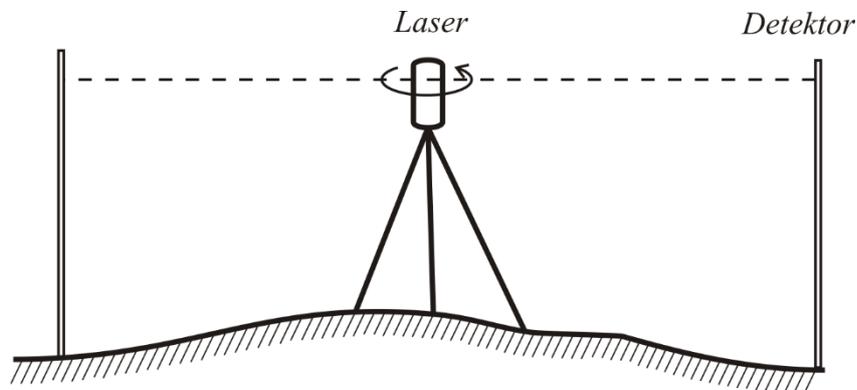
Rotationslaser

Sie senden einen Richtstrahl aus, der sich ständig um 400^g dreht.

Am Lattenstandpunkt ist ein Detektor angebracht, der das Lasersignal aufnimmt.

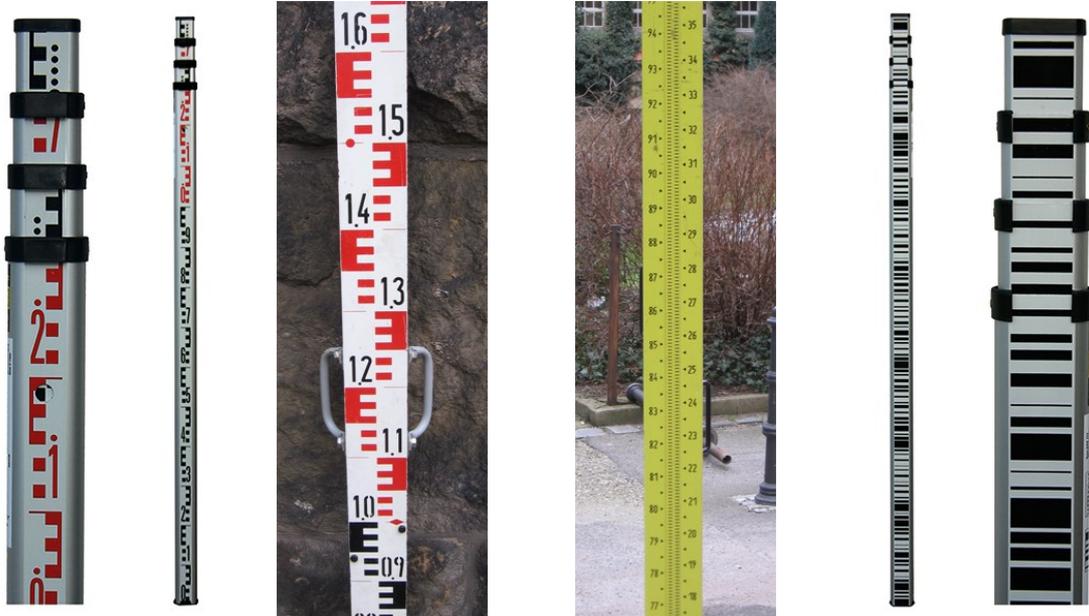


Einsatzgebiete sind vor allem Aushubarbeiten sowie die Errichtung von Böden, Decken und Estriche (Innenbereich)



7.2.3 Zubehör

Nivellierlatten



Abbildungen von links nach rechts:

- Alu-Ausziehlatte mit cm-Teilung
- Holz-Latte, klappbar
- Präzisionslatte mit 2 Skalen
- Digitalnivellierlatte mit Strichcode

Lattenrichter



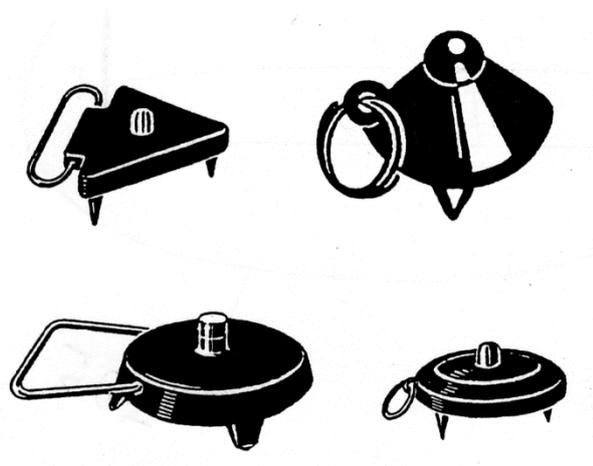
Sie dienen dazu, die Latte vertikal einzurichten. Dies ist notwendig, um die Genauigkeit der Ablesung zu erhöhen. Sie bestehen aus einem Winkeleisen, auf deren Außenseite eine Dosenlibelle befestigt ist. Der Winkel wird an die Latte gehalten und diese so lange geschwenkt, bis die Dosenlibelle eingespielt ist.

Lattenuntersatz



Diese auch als "Frösche" bezeichneten Untersätze dienen dazu, den zu messenden Höhenpunkt (Zwischenpunkt) in Lage und Höhe konstant zu halten.

Sie werden vor Verwendung mit den Füßen in den Untergrund getreten, damit dieser nicht verrutschen kann.



7.3 Messmethoden

7.3.1 Liniennivellement durch Hin- und Rückmessung

Unter einem Liniennivellement versteht man die Messung des Höhenunterschieds zwischen zwei oder mehreren Punkten bzw. die Übertragung der Höhe eines Punktes auf andere Punkte.

Lattenstandpunkte = Standpunkte, die eine Höhe bekommen sollen.

Nivellierstandpunkte = Standpunkte, in denen der Nivellier steht und von dem die Lattenwerte abgelesen werden.

Von einem bekannten Höhenpunkt A soll die Höhe des Punktes B ermittelt werden:



Ablauf:

- Nivellierstandpunkt $S1 \rightarrow$ Rücklesung zu A , Vorlesung zu B
 $H_B = H_A + r_{\text{ück}} - v_{\text{or}}$
- Kontrolle \Rightarrow Nivellierstandpunkt $S2 \Rightarrow$ Rücklesung zu B , Vorlesung zu A
 $H_A = H_B + r_{\text{ück}} - v_{\text{or}}$
- Ergebnis \Rightarrow berechneter Wert = Ausgangshöhe von A

Messprotokoll:

<i>Punkt</i>	<i>rück</i>	<i>vor</i>	<i>Höhe</i>
A	2,704		200,000 m
B		0,353	
B	0,562		
A		2,901	

Berechnung:

Man bildet zuerst die Summe aller Rück- und aller Vorlesungen:

$$\sum r_{\text{rück}} = 2,704 + 0,562 = 3,266 \quad \sum v_{\text{vor}} = 0,353 + 2,901 = 3,254$$

Der Gesamtfehler ergibt sich also aus der Differenz:

$$f = \sum r_{\text{rück}} - \sum v_{\text{vor}} = 3,266 - 3,254 = 0,012m$$

Standpunktfehler = Gesamtfehler pro Standpunkt aufgeteilt

$$f_s = \frac{f}{n} = \frac{0,012}{2} = 0,006m$$

Berechnung der einzelnen Höhen inkl. Kontrolle:

$$H_B = H_A + r_1 - v_1 - f_s = 200,000 + 2,704 - 0,353 - 0,006 = 202,345m$$

$$H_A = H_B + r_2 - v_2 - f_s = 202,345 + 0,562 - 2,901 - 0,006 = 200,000m$$

7.3.2 Geschlossenes Liniennivellement



Die Messmethode und die Berechnung bleiben dabei gleich:

Punkt	rück	vor	Höhe
A	0,615		290,371 m
1		1,207	
1	1,335		
2		0,670	
2	1,030		
3		0,988	
3	0,983		
4		1,118	
4	1,687		
5		0,955	
5	1,213		
6		0,898	
6	1,645		
A		2,707	
Σ	8,508	8,543	

$$f = 8,508 - 8,543 = -0,035m \quad f_s = \frac{-0,035}{7} = -0,005m$$

Berechnung der Höhen:

$$H_1 = H_A + r_1 - v_1 - f_s = 290,371 + 0,615 - 1,207 - (-0,005) = 289,784m$$

$$H_2 = 289,784 + 1,335 - 0,670 + 0,005 = 290,454m$$

$$H_3 = 290,454 + 1,030 - 0,988 + 0,005 = 290,501m$$

Kontrolle: $H_A = 290,501 + 0,983 - 1,118 + 0,005 = 290,371m$

7.3.3 Liniennivellement mit 2 Festpunkten

Ausgangshöhe wird über zweiten Höhenfestpunkt kontrolliert.

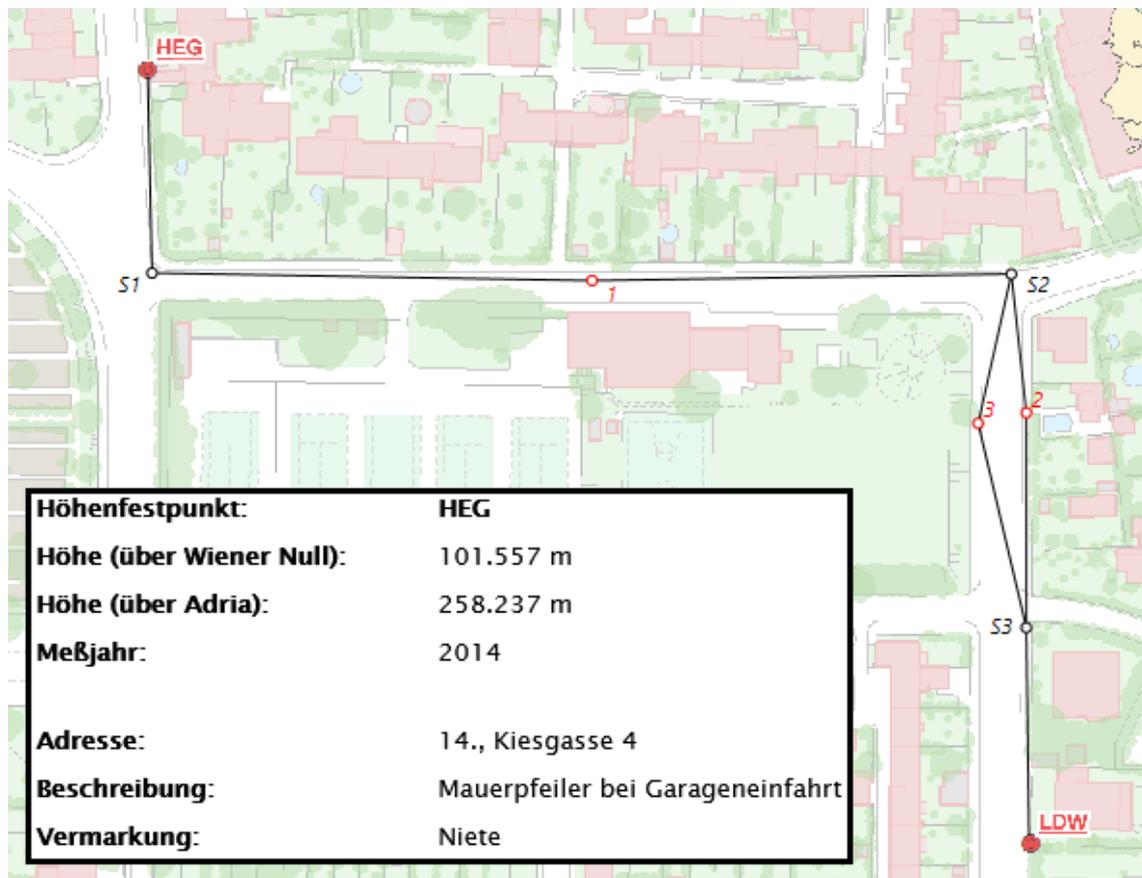


Abbildung: Höhenfestpunktkarte der Stadt Wien, Punkte HEG und LDW, Detailabfrage von HEG

Fehlerberechnung: $f = (H_A - H_B) + \sum r_{rück} - \sum r_{vor}$

Die Bestimmung der Höhen erfolgt genauso wie im vorigen Beispiel.

Aufgabe 13	gegeben ist folgendes Messprotokoll			
	Punkt	rück	vor	
	HEG	1,032		101,557 m
	1		2,846	
	1	0,455		
	2		3,473	
	2	1,427		
LDW		4,557	93,580 m	
Berechne kontrolliert die Höhen der Punkte 1 und 2.				

7.3.4 Liniennivellement mit Seitpunkten

Beim Nivellement werden nicht nur Höhen benötigt, die durch Rück- und Vormessung bestimmt werden, sondern es werden von einem Nivellierstandpunkt mehrere Höhen eingemessen.

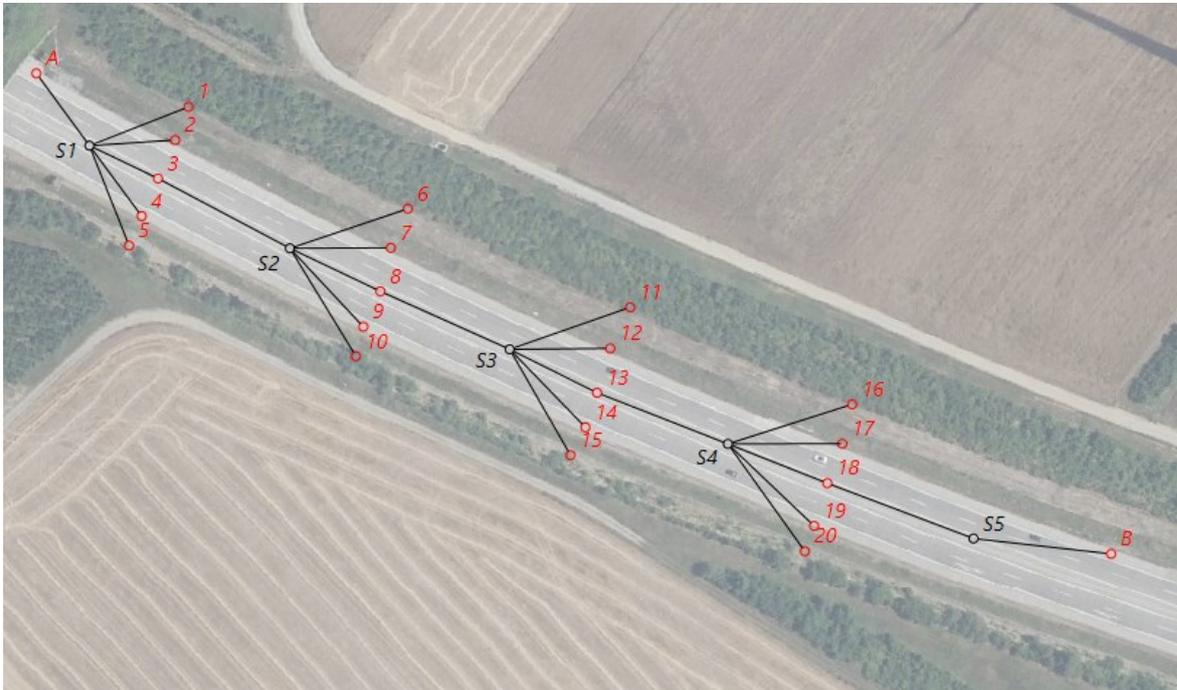


Abbildung: A, B = Höhenfestpunkte S = Nivellierstandpunkte
Punkte 3, 8, 13, 18 = Hauptpunkte (Vor- und Rückmessung), kontrolliert
Restliche Punkte = Detailpunkte, nicht kontrolliert

Im Messprotokoll wird für die Seitpunkte eine eigene Spalte geführt.

<i>Punkt</i>	<i>rück</i>	<i>vor</i>	<i>seit</i>	<i>Höhe</i>
A	0,615			290,371 m
1			3,952	
2			1,763	
3		1,207		
4			1,981	
5			3,611	
3	1,335			
6			3,455	
7			1,903	
8		0,670		
9			1,974	
10			3,276	
8	1,030			
11			3,150	
12			2,025	
13		0,988		
14			1,845	
15			2,996	
13	0,983			
16			3,049	
17			1,880	
18		1,974		
19			1,863	
20			3,005	
18	1,118			
B		2,044		288,544 m
Σ	5,081	6,883		

Zuerst werden die Punkte 3, 8, 13 und 18 bestimmt (über Vor- und Rückvisur):

$$f = 290,371 - 288,544 + 5,081 - 6,883 = 0,025m \quad f_s = \frac{0,025}{5} = 0,005m$$

$$H_3 = H_A + r_A - v_3 - f_s = 290,371 + 0,615 - 1,207 - 0,005 = 289,774m$$

$$H_8 = 289,774 + 1,335 - 0,670 - 0,005 = 290,434m$$

$$H_{13} = 290,434 + 1,030 - 0,988 - 0,005 = 290,471m$$

$$H_{18} = 290,471 + 0,983 - 1,974 - 0,005 = 289,475m$$

$$\text{Kontrolle: } H_B = 289,475 + 1,118 - 2,044 - 0,005 = 288,544m$$

Jetzt können auch die Seitpunkte höhenmäßig bestimmt werden:

Die Punkte 1, 2, 4, 5 wurden innerhalb einer Rückvisur zu Punkt A gemessen, daher wird auch die Höhe von A verwendet:

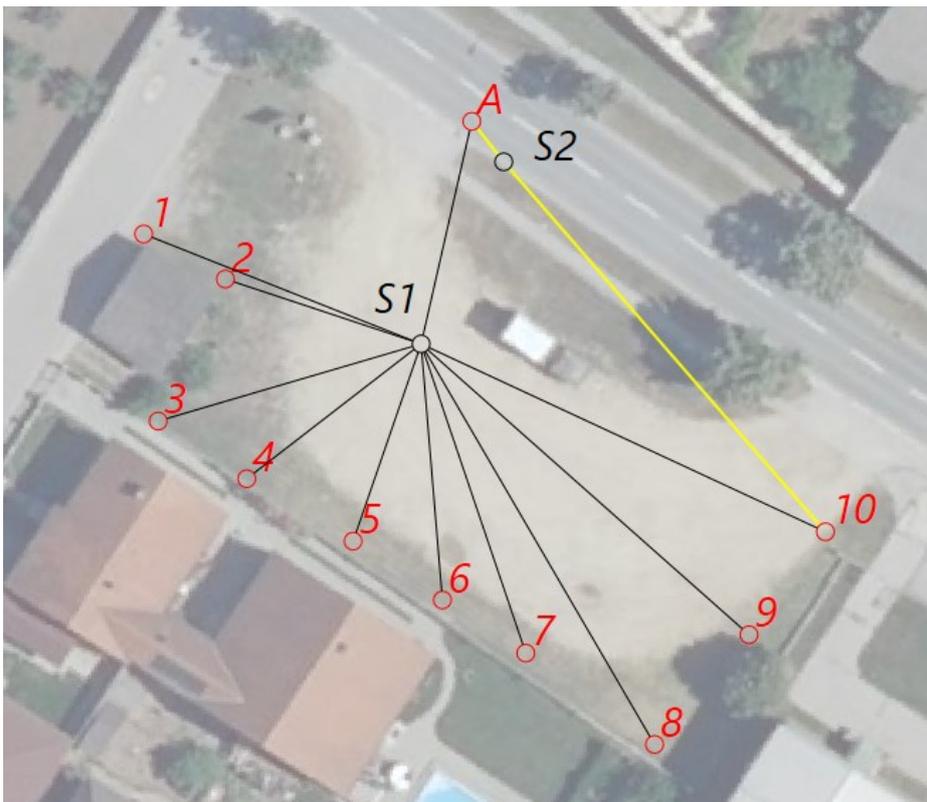
$$\begin{aligned}
 H_1 &= H_A + r_A - s_1 = 290,371 + 0,615 - 3,952 = 287,034m \\
 H_2 &= H_A + r_A - s_2 = 290,371 + 0,615 - 1,763 = 289,223m \\
 H_4 &= H_A + r_A - s_4 = 290,371 + 0,615 - 1,981 = 289,005m \\
 H_5 &= H_A + r_A - s_5 = 290,371 + 0,615 - 3,611 = 287,375m
 \end{aligned}$$

Die Punkte 6, 7, 9, 10 wurden zur Rückvisur nach Punkt 3 gemessen, also wird die Höhe von Punkt 3 verwendet:

$$H_6 = H_3 + r_3 - s_6 = 287,774 + 1,335 - 3,455 = 285,654m$$

Auf diese Weise werden alle restlichen Punkte berechnet.

7.3.5 Flächennivellement

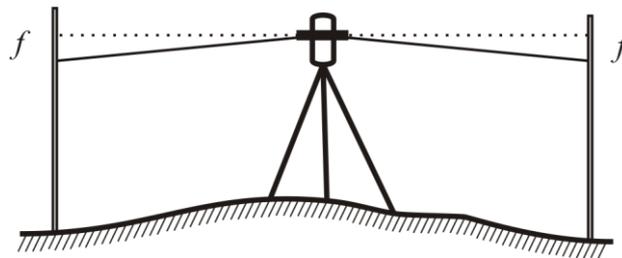


- Wenig Aufstellungen, viele Höhen in kleinem Bereich bestimmen
- Kontrolle durch 2. Aufstellung (nah an Messlatte) \Rightarrow S2
- Alternativ kann ein 2. Nivellier verwendet werden

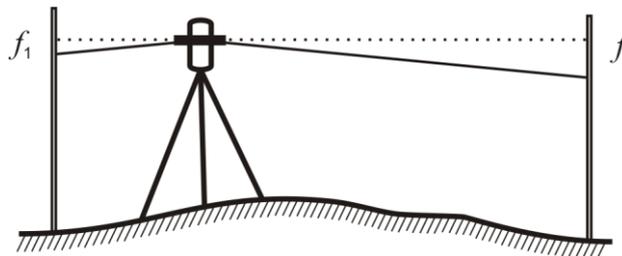
7.4 Genauigkeit eines Liniennivellements

Die Genauigkeit hängt von der Aufstellung und Justierung des Nivelliers, der verwendeten Geräte und der Genauigkeit der Ablesung ab.

Prinzipiell sollte man mit dem Nivellier in der Mitte zweier Lattenstandpunkte stehen, da sich dadurch auftretende Aufstellungsfehler eliminieren:



Fehler f tritt auf beiden Seiten auf – er verschwindet bei der Differenzbildung



Fehler f ist unterschiedlich – nach der Differenzbildung bleibt ein Restbetrag $\Delta f = f_2 - f_1$ übrig.

Die Hin- und Rückvisur sollte annähernd auf einer Geraden liegen.

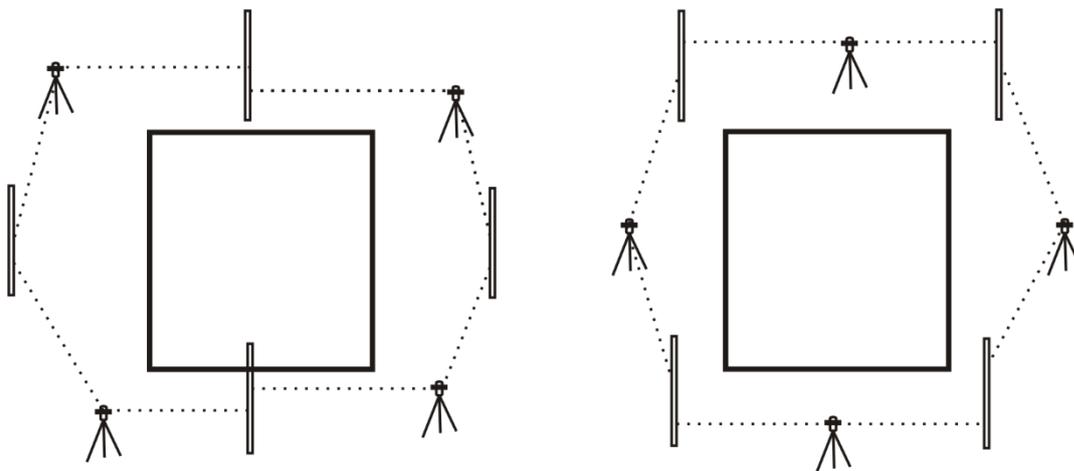


Abb.: keine ideale Messanordnung

Abb.: ideale Messanordnung

7.5 Prüfverfahren für Nivelliergeräte

7.5.1 Dosenlibelle

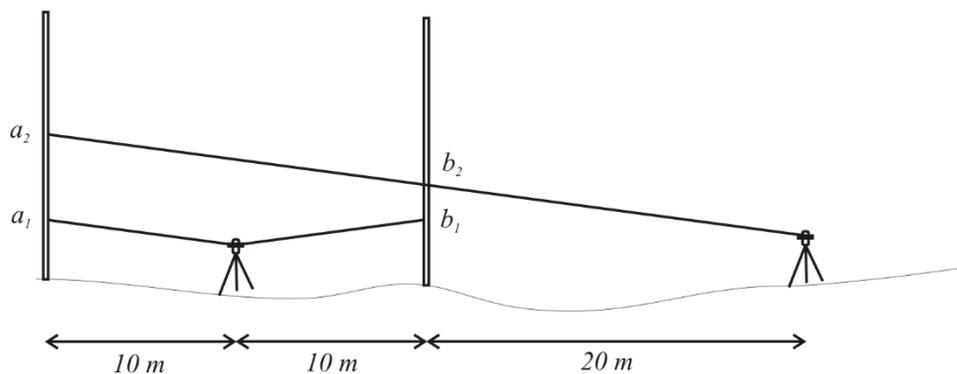
Schritt 1: Dosenlibelle genau einspielen \Rightarrow Fernrohr um 180° drehen \Rightarrow Dosenlibelle nicht mehr eingespielt, daher Korrektur notwendig (mit entsprechenden Schraubschlüsseln den halben Fehler korrigieren) – in 2 Richtungen!

Schritt 2: Dosenlibelle genau einspielen und Vorgang wie oben wiederholen.

7.5.2 Ziellinie

Die Strichplatte im Fernrohr beinhaltet das Fadenkreuz. Diese Platte kann zu hoch oder zu niedrig eingestellt sein. Eine fehlerhafte Position kann zu großen Fehlern führen.

In regelmäßigen Zeitabständen (alle 6 Monate) oder wenn der Nivellier starken Erschütterungen ausgesetzt wurde, sollte eine Überprüfung der Ziellinie erfolgen.



Aufstellung 1 in der Mitte der Punkte A und B ergeben die Ablesungen a_1 und b_1 , wobei die Distanz zu A bzw. zu B jeweils 20 m beträgt.

Aufstellung 2 erfolgt 20 m über Punkt B hinaus. Hier werden die Ablesungen a_2 und b_2 durchgeführt.

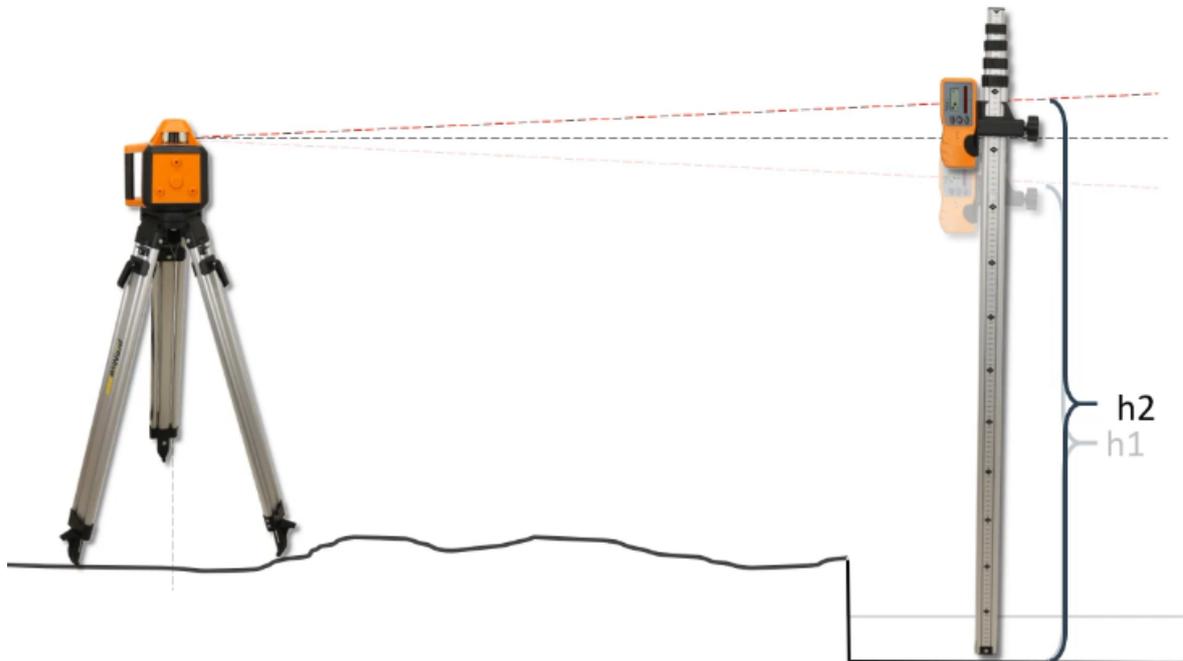
Berechnung des doppelten Fehlers: $2f = (a_2 - b_2) - (a_1 - b_1)$

Beachte: Der Wert von $2f$ (in mm) ist die Abweichung des Nivelliers auf 20 m

Berechnung der Soll-Ablesung: $b = b_2 - 2f$

Nun muss mit einem passenden Schraubschlüssel die Ziellinie so eingestellt werden, dass bei Lattenstandpunkt B der Wert b abgelesen wird.

7.5.3 Rotationslaser



Rotationslaser aufstellen , an Position 1 Ablesung durchführen (= $h1$), z.B. bei einer Distanz von 20 m

Laser um 180° drehen und nochmals an Position 1 messen (= $h2$)

Fehler $f = (h1 - h2)$ in Bezug auf Abstand 20 m

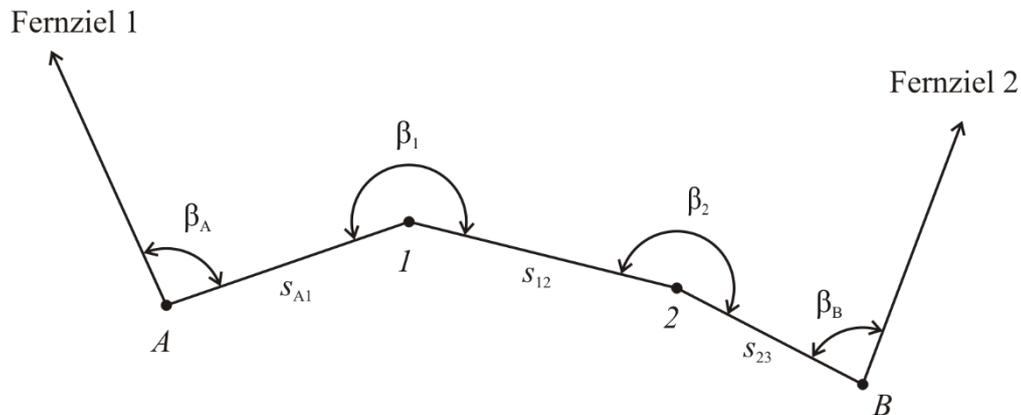
Prüfen, ob Fehler f innerhalb oder außerhalb der Genauigkeitsangabe des Herstellers liegt.

Laser um 90° drehen \Rightarrow zweite Achsrichtung prüfen \Rightarrow gleiches Verfahren

8 Lagemessung

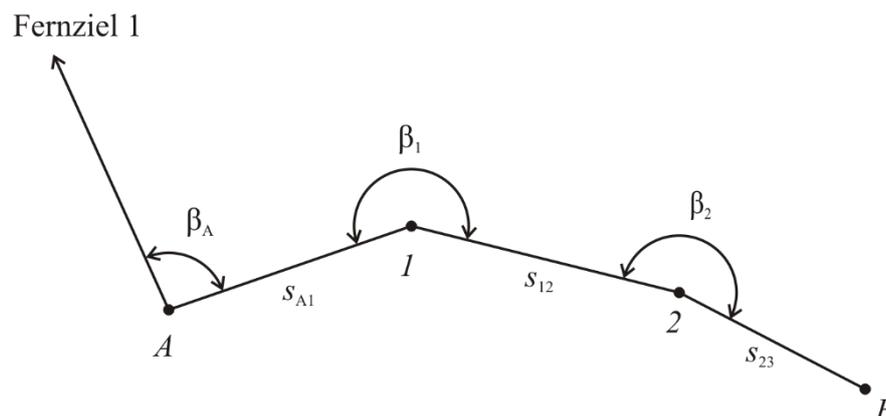
8.1 Polygonzug

8.1.1 Beidseitig angeschlossener Polygonzug



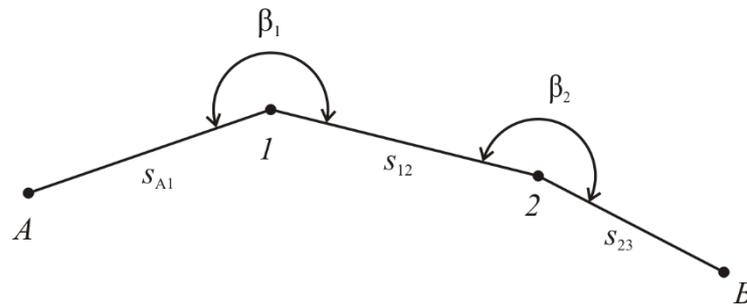
- Anfangspunkt A und Endpunkt B bekannt
- In Anfangspunkt A Fernziele gemessen
- In Endpunkt B Fernziele gemessen
- Aufstellungen in A , 1 , 2 und B notwendig.
- Richtungen und Seiten werden pro Standpunkt gemessen

8.1.2 Einseitig angeschlossener Polygonzug



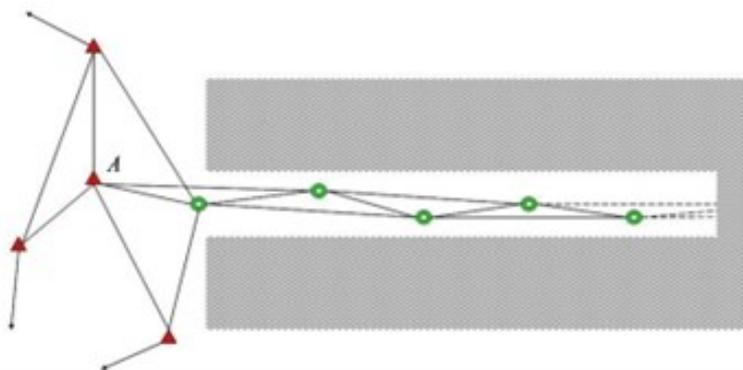
- Anfangspunkt A und Endpunkt B bekannt
- In Anfangspunkt A Fernziele gemessen
- In Endpunkt B keine Fernziele gemessen
- Aufstellungen in A , 1 , 2 und B notwendig.
- Richtungen und Seiten werden pro Standpunkt gemessen

8.1.3 Eingehängter Polygonzug



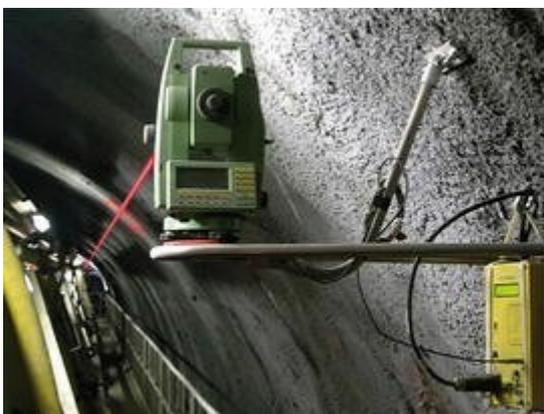
- Anfangspunkt A und Endpunkt B bekannt
- In Anfangspunkt A und Endpunkt B keine Fernziele gemessen
- Aufstellungen in A , 1 , 2 und B notwendig.
- Richtungen und Seiten werden pro Standpunkt gemessen

8.1.4 Fliegender Polygonzug

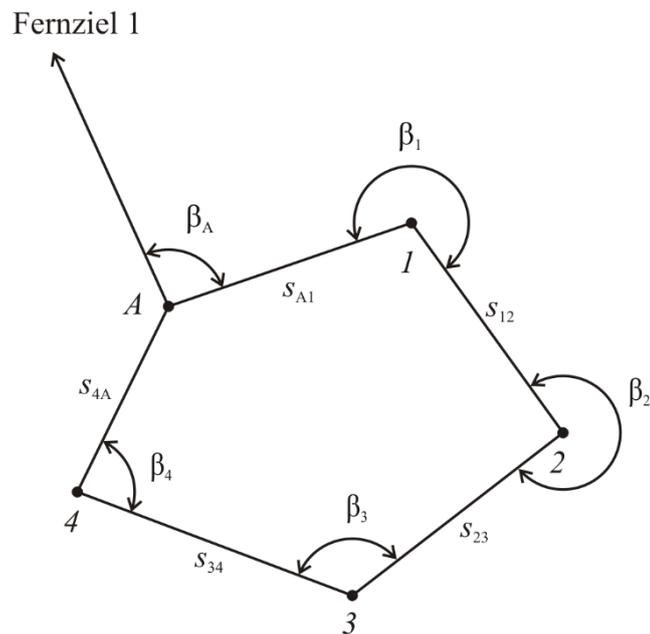


- Anfangspunkt A bekannt (Portalpunkt = rotes Dreieck)
- In Anfangspunkt A Fernziele gemessen (rote Dreiecke)

Diese Art von Polygonzug ist nur an einem Ende abgesichert, daher wird der Fehler mit zunehmender Länge des Zuges immer größer.



8.1.5 Geschlossener Polygonzug



8.2 Zwangszentrierung



- Tachymeter und Prismen sind fix auf Stativen / festen Halterungen montiert.
- Wechsel von Tachymeter / Prisma durch öffnen der Klemme vom Untersatz
- Zentrierung, Horizontierung nur einmal notwendig (Kontrolle erforderlich)
- Notwendig bei hohen Genauigkeiten

8.3 Spezielle Aufgaben der Lagemessung

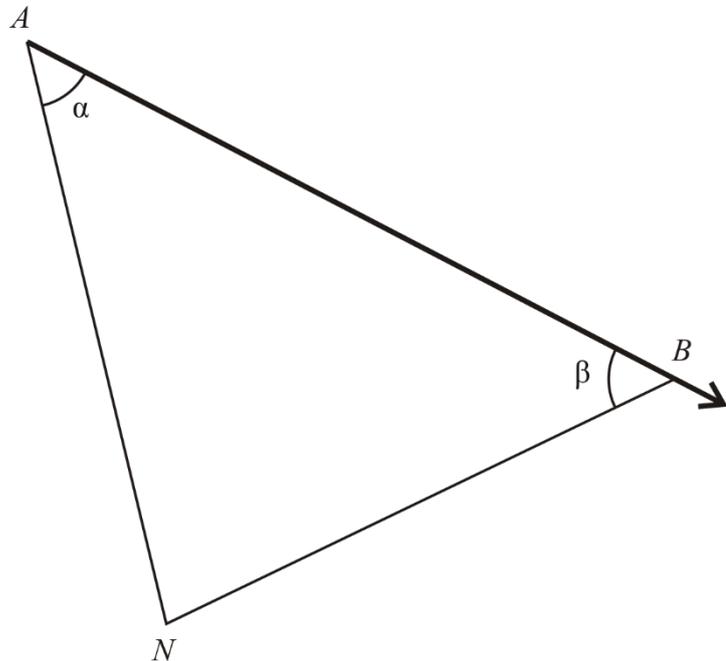
8.3.1 Einfacher Vorwärtsschnitt

Gemessen:

Richtung von A nach B und N
Richtung von B nach A und N
Strecke von A nach B

Gesucht:

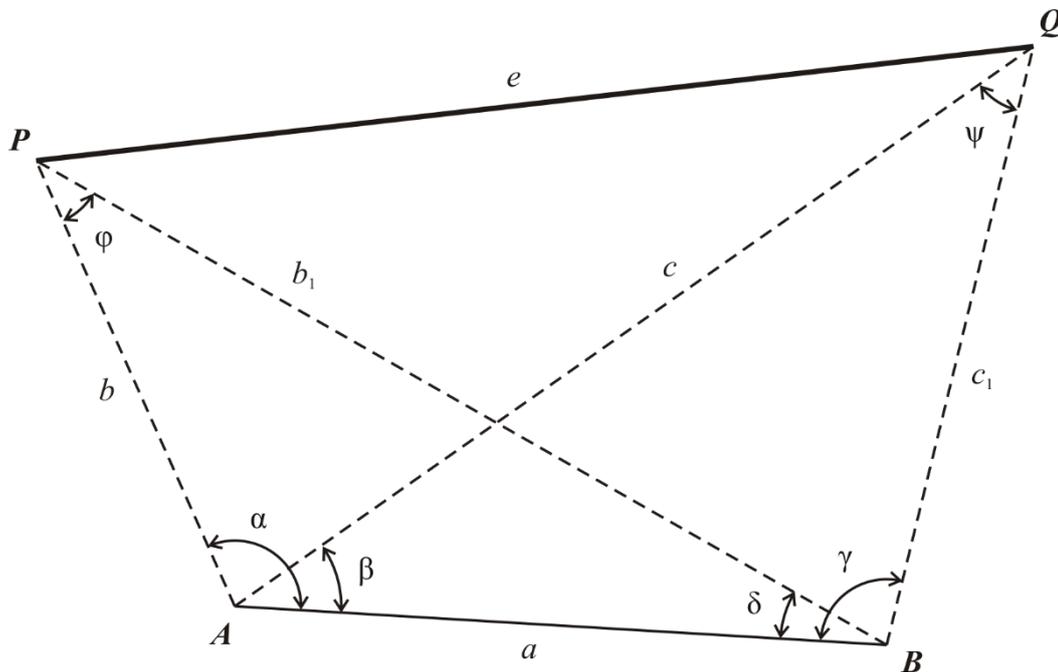
Koordinaten von N



- ① Winkel: $\alpha = t_{AN} - t_{AB} \quad \beta = t_{BA} - t_{BN} \quad \gamma = 180 - \alpha - \beta$
- ② Seiten zu N : $s_A = \frac{s_{AB} \cdot \sin \beta}{\sin \gamma} \quad s_B = \frac{s_{AB} \cdot \sin \alpha}{\sin \gamma}$
- ③ Koordinaten: $y_N = y_A + s_A \cdot \sin \alpha \quad x_N = x_A + s_A \cdot \cos \alpha$
- ④ Kontrolle: $y_N = y_B + s_B \cdot \sin(180 - \beta)$
 $x_N = x_B + s_B \cdot \cos(180 - \beta)$

Aufgabe 14	gegeben:	Punkt A	$y = 0,00 \text{ m}$	$x = 0,00 \text{ m}$
		Punkt B	$y = 0,00 \text{ m}$	$x = 62,85 \text{ m}$
	gemessen:	von	nach	t
		A	N	38,627
		A	B	0,000
B		N	0,000	
	B	A	53,153	

8.3.2 Doppelter Vorwärtsschnitt



Gemessen: Richtungen von A nach B, P und Q
Richtungen von B nach A, P und Q
Strecke zwischen A und B

Gesucht: Strecke e zwischen P und Q

- ① Winkelsumme: $\varphi = 180 - \alpha - \delta$ $\psi = 180 - \beta - \gamma$
- ② Sinussatz: $b = \frac{a \cdot \sin \delta}{\sin \varphi}$ $c = \frac{a \cdot \sin \gamma}{\sin \psi}$
- ③ Cosinussatz: $e^2 = b^2 + c^2 - 2 \cdot b \cdot c \cdot \cos(\alpha - \beta)$

Kontrolle über die Seiten b_1 und c_1 .

Die Koordinaten können ebenfalls bestimmt werden, wenn die Strecke \overline{AB} als Bezugslinie definiert ist (lokales Koordinatensystem).

$$y_P = y_A + b \cdot \sin(360 - \alpha) \qquad y_Q = y_A + c \cdot \sin(360 - \beta)$$

$$x_P = x_A + b \cdot \cos \delta(360 - \alpha) \qquad x_Q = x_A + c \cdot \cos(360 - \beta)$$

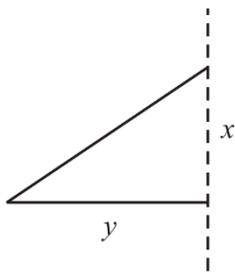
Aufgabe 15	gegeben:	$\alpha = 64,311^\circ$	$\beta = 38,028^\circ$
		$\gamma = 56,892^\circ$	$\delta = 20,077^\circ$
		$a = 123,11 \text{ m}$	

9 Flächenbestimmung

9.1 Flächenrechnung mit Maßzahlen

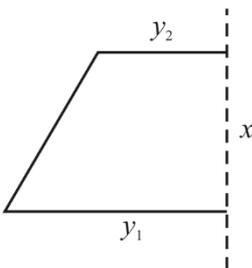
Dieses Verfahren bietet sich an, wenn die zu bestimmende Fläche in Dreiecke oder Trapeze zerlegt werden kann und ihre Seitenlängen gemessen wurden.

Verwendet man ein lokales Koordinatensystem mit Hilfe eines Orthogonalverfahren, kann die Gesamtfläche in Teilflächen unterteilt werden, wobei 3 Fälle unterschieden werden:



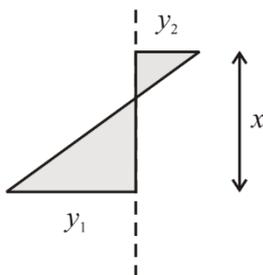
Dreieck

$$2F = x \cdot y$$



Trapez

$$2F = (y_1 + y_2) \cdot x$$



verschränktes Trapez

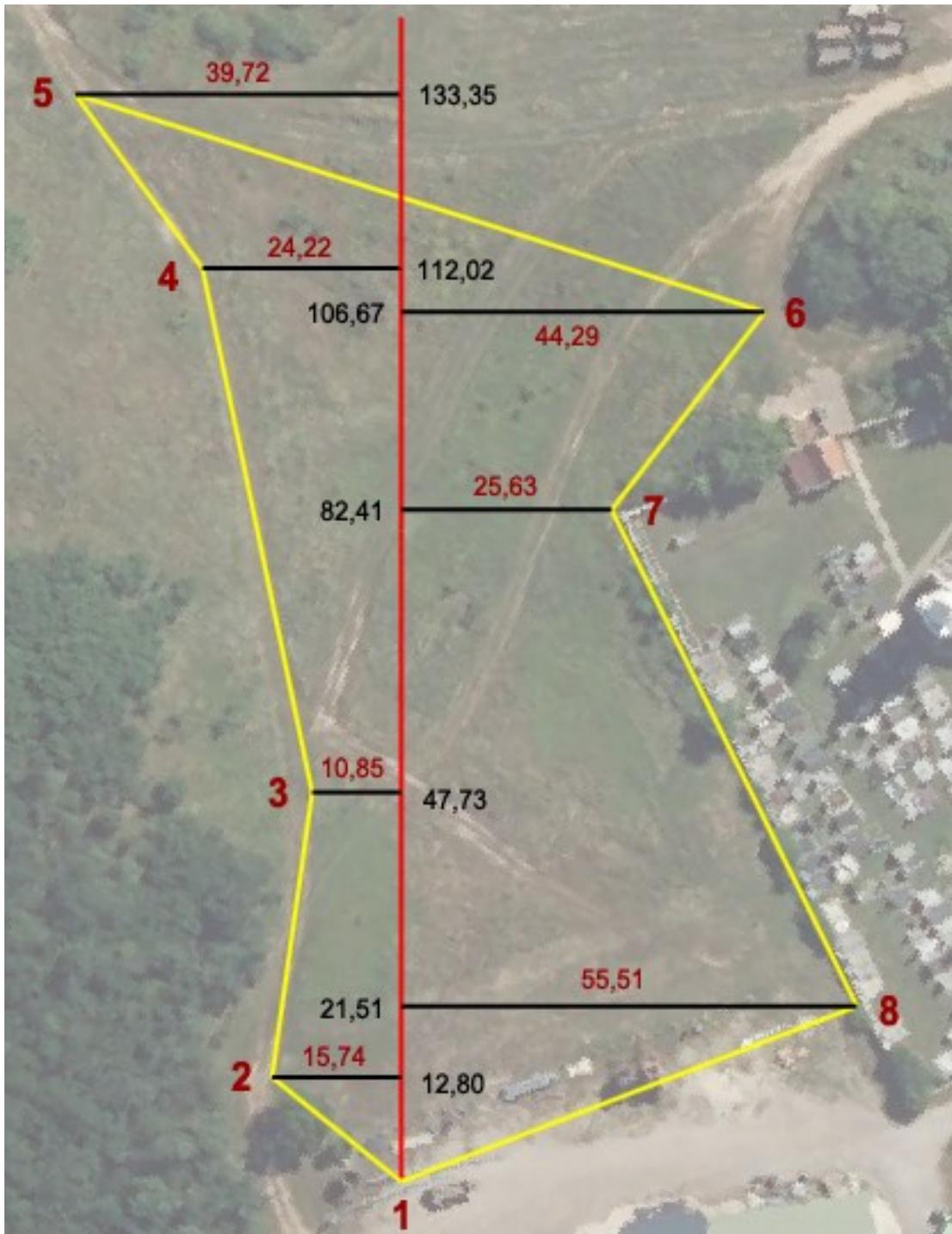
Dieser Fall tritt ein, wenn nur der Anfangspunkt auf der Basislinie liegt, die andere Seite jedoch die Basislinie schneidet.

Wird ein Trapez auf der rechten Seite addiert, wird ein kleines Dreieck zu viel hinzugerechnet. Andererseits fehlt auf der linken Seite ein Dreieck.

Diese beiden Dreiecksflächen (eine addieren, eine subtrahieren) können mit Hilfe nachstehender Formel auf einmal berücksichtigt werden:

$$2F = (y_2 - y_1) \cdot x$$

Es wird genau jener y -Wert subtrahiert, dessen Dreiecksfläche weggenommen werden muss. Das Ergebnis kann auch negativ sein!

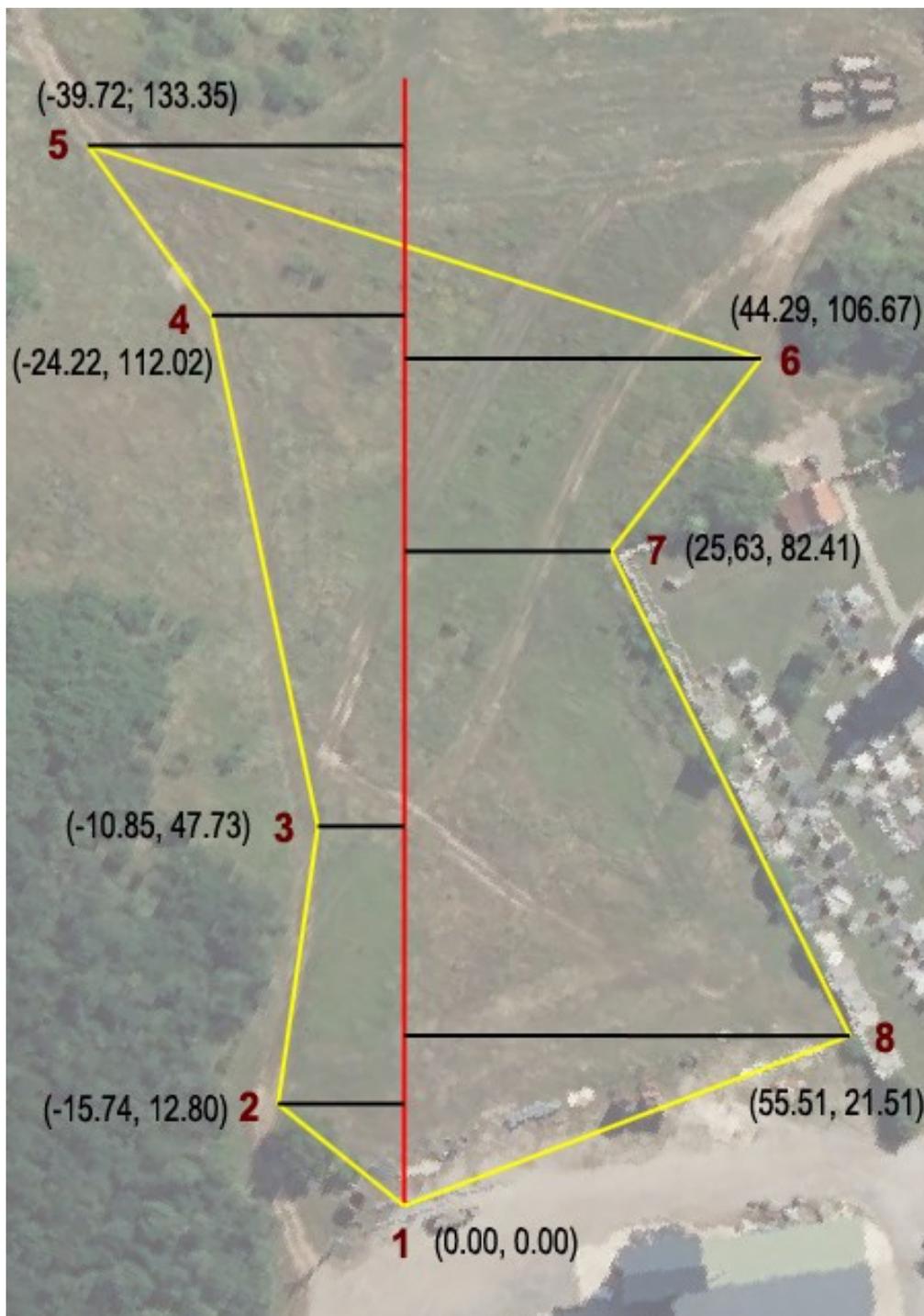


Aufgabe 16	gegeben:	Skizze mit eingetragenen Maßzahlen
	gesucht:	Die Fläche zwischen den Punkten 1 und 6
	Hinweis:	Die Maßzahlen entlang der Basislinie sind Laufmaße.

9.2 Flächenrechnung mit Koordinaten

Liegen bereits Koordinaten der einzelnen Flächenpunkte vor, kann sofort deren Fläche bestimmt werden:

$$2F = \sum (x_i - x_{i+1}) \cdot (y_i + y_{i+1})$$



Punkt	x	y	$x_i - x_{i+1}$	$y_i + y_{i+1}$	2F
1	0,00	0,00			
2	12,80	-15,74	-12,80	-15,74	201,47
3	47,73	-10,85	-34,93	-26,59	928,79
4	112,02	-24,22	-64,25	-35,07	2253,25
5	133,35	-39,72	-21,33	-63,94	1363,84
6	106,67	44,29	26,68	4,57	121,93
7	82,41	25,63	24,26	69,92	1696,26
8	21,51	55,51	60,90	81,14	4941,43
1	0,00	0,00	21,51	55,51	1194,02
				Summe 2F	12700,99
				Summe F	6358,50

Info: Falls der Wert 2F negativ ist, muss der Betrag davon genommen werden.

9.3 Flächenrechnung mit Winkeln und Seiten

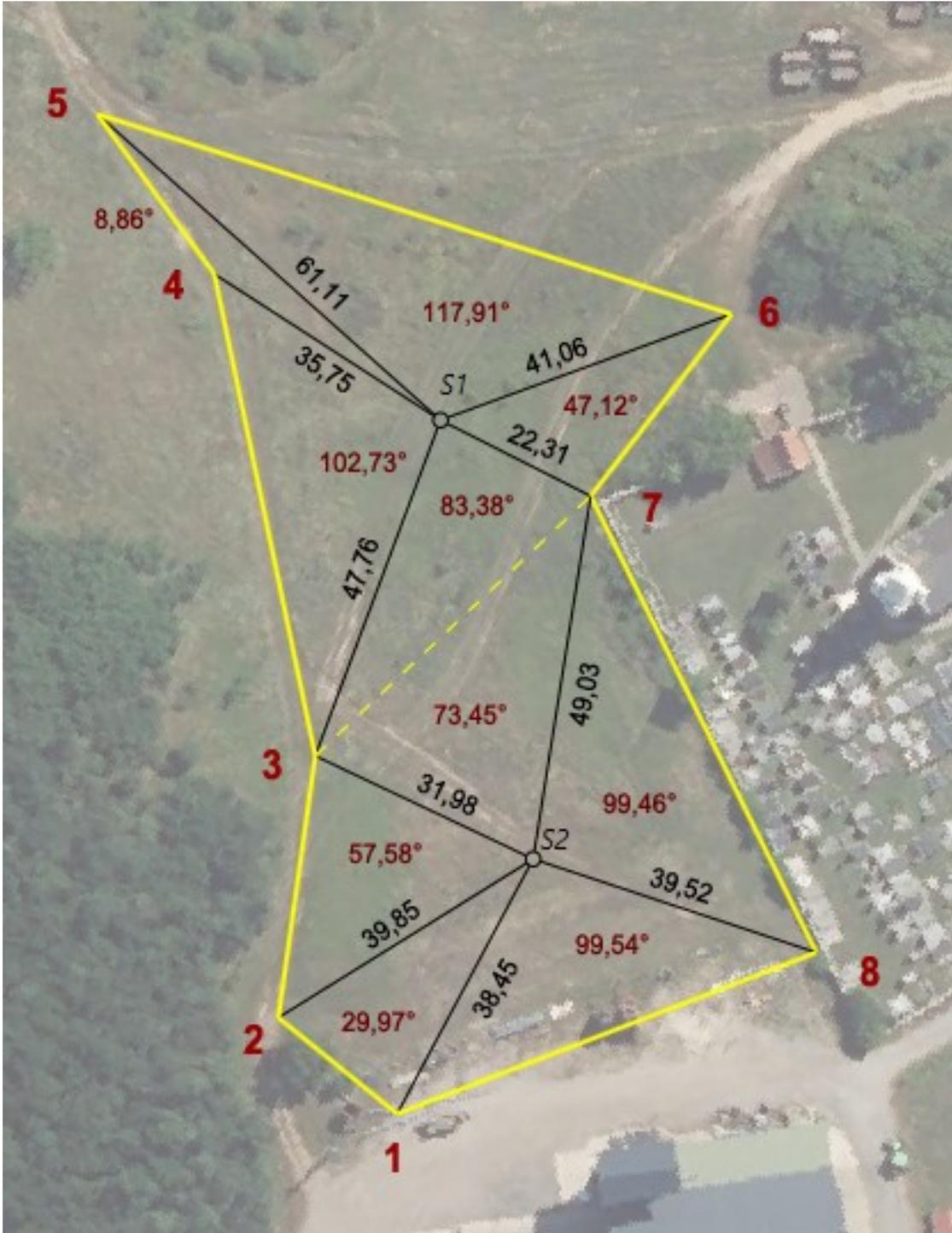
Mit Hilfe eines Tachymeters bzw. Nivellier können Horizontalwinkeln abgelesen werden. Damit kann auch eine Fläche bestimmt werden, indem die Gesamtfläche in einzelne Dreiecke zerlegt werden.

Man stellt sich ungefähr in der Mitte der zu berechnenden Fläche auf, visiert jeden Kantenpunkt an und notiert eine Winkelablesung und misst die Seite.

Danach kann für jedes Dreieck eine Fläche bestimmt werden:

$$F = \frac{1}{2} \cdot s_1 \cdot s_2 \cdot \sin \gamma \quad \text{bzw.} \quad 2F = s_1 \cdot s_2 \cdot \sin \gamma$$

Je nach Situation können auch mehrere Aufstellungen notwendig sein.



Aufgabe 17	gegeben:	Skizze und Messprotokoll mit allen gemessenen Seiten und Winkeln
	gesucht:	Die Fläche zwischen den Punkten 1 und 6

<i>Punkt</i>	<i>s</i>	<i>γ</i>	<i>2F</i>
3	47,76	102,73°	
4	35,75		
5	61,11	8,86°	
6	41,06	117,91°	
7	22,31	47,12°	
3	47,76	83,38°	
		Summe <i>2F</i>	
		Summe <i>F</i>	

<i>Punkt</i>	<i>s</i>	<i>γ</i>	<i>2F</i>
3	31,98	73,45°	
7	49,03		
8	39,52	99,46°	
1	38,45	99,54°	
2	39,85	29,97°	
3	31,98	57,58°	
		Summe <i>2F</i>	
		Summe <i>F</i>	

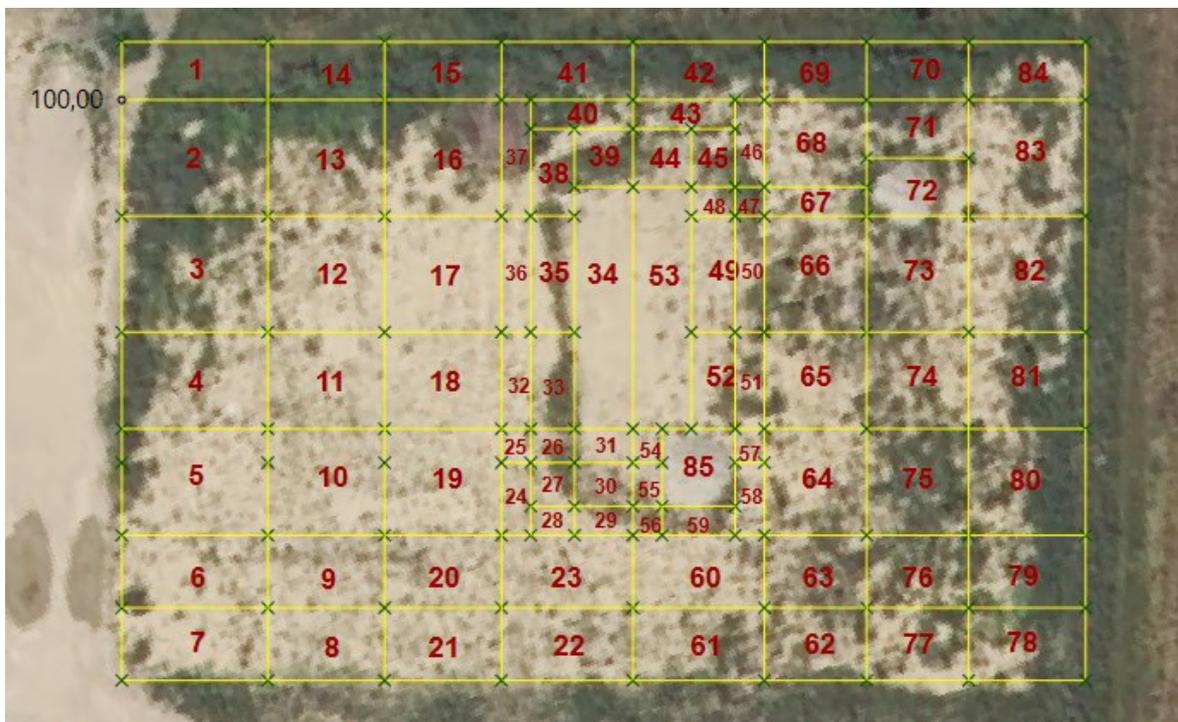
10 Massenbestimmung

Normalerweise wird man bei der Massenbestimmung auf regelmäßige Körper zurückgreifen und damit näherungsweise die Kubatur bestimmen. Mit ein wenig Erfahrung wird diese Art gut funktionieren.

Hat man aber eine sehr unregelmäßige Struktur zu bestimmen, wird man mit regelmäßigen Körpern nicht mehr weiterkommen.

10.1 Einfache Abschätzung mit Nivellier und Maßband

In diesem Fall legt man sich einen Raster über das Gebiet, indem man mit Farbe deren Rasterpunkte markiert. Die Abstände des Rasters sind entsprechend zu wählen und können innerhalb des Rasters variieren.



Anschließend werden die Rasterpunkte einnivelliert - die Rasterweite ist individuell festgelegt und variiert.

Jeder Quader wird einzeln berechnet: Länge x Breite x mittlerer Höhe

Mittlere Höhe = arithmetisches Mittel der Höhen der 4 Eckpunkte

Dies wird für alle Quader berechnet und am Ende werden alle Teil-Massen addiert.

10.2 Messung mit Tachymeter (GNSS-Rover)

Eine schnellere und automatisierte Bestimmung der Kubatur erfolgt durch Messung beliebiger Punkte.
Idealerweise werden Kantenlinien (Böschungskanten) genau gemessen.

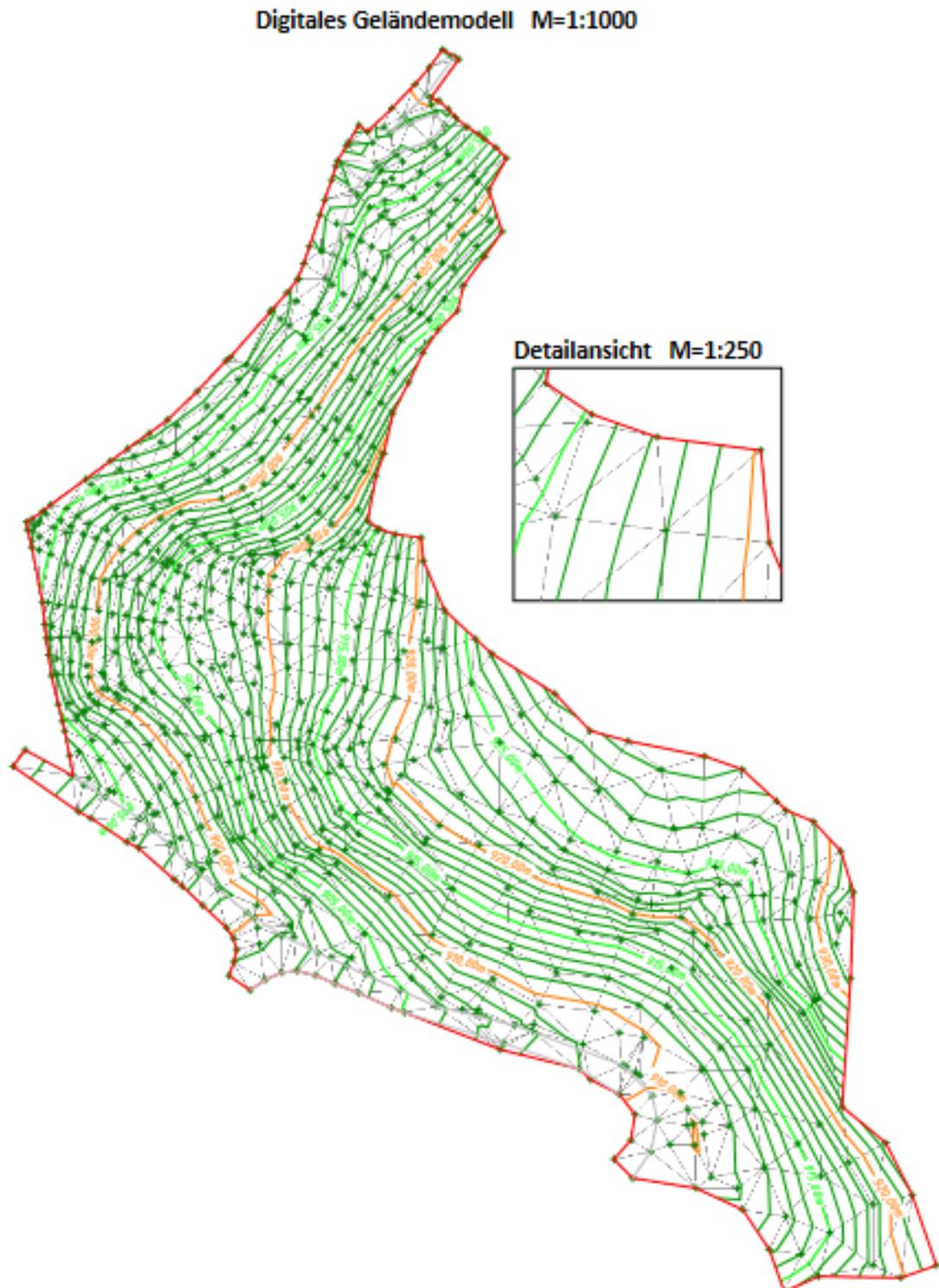


Abbildung: Aus lage- und höhenmäßig gemessenen und berechneten Punkten wurde ein Digitales Geländemodell gerechnet. Die Höhenschichtenlinien werden automatisch konstruiert.

Vorteil:

- Automatisierte Berechnung
- Automatisierte Ableitung von Profilen
- Einfache und schnelle Kubaturbestimmung

Hinweis:

Je mehr Punkte, desto genauer wird das Geländemodell

Messgeräte / Messmethoden



Abbildung: Klassische Aufnahme mit Tachymeter und/oder GNSS-Rover



Abbildung: Laserscanner (siehe auch Kapitel 11)



Abbildung: Drohne mit Kamera bzw. Laserscanner – ausgestattet mit GNSS-Antennen

11 Laserscanning

11.1 Terrestrische Vermessungsgeräte

Laserscanner sind Geräte, die horizontal und vertikal rotieren und mit einem unsichtbaren Laserstrahl Punkte dreidimensional bestimmen.



Faro



Leica-Geosystems



Riegl

- Der Scanner dreht sich um 180° um seine vertikale Achse
- Der Umlenkspiegel (in der Mitte) dreht sich um 360° um seine horizontale Achse
- Ein Laserstrahl tastet die Oberfläche ab und bestimmt deren genaue Position
- Bis zu 2 Million Punkte pro Sekunde (je nach Gerät und Typ)
- Genauigkeit (abhängig von der Distanz) ca. 0,5mm auf 10m
- Steuerbar über Tablet mit Hersteller-Software (Bluetooth-Verbindung)



Mobiler (Hand-) Scanner

- Geringere Genauigkeit
- Geringere Punkte pro Sekunde

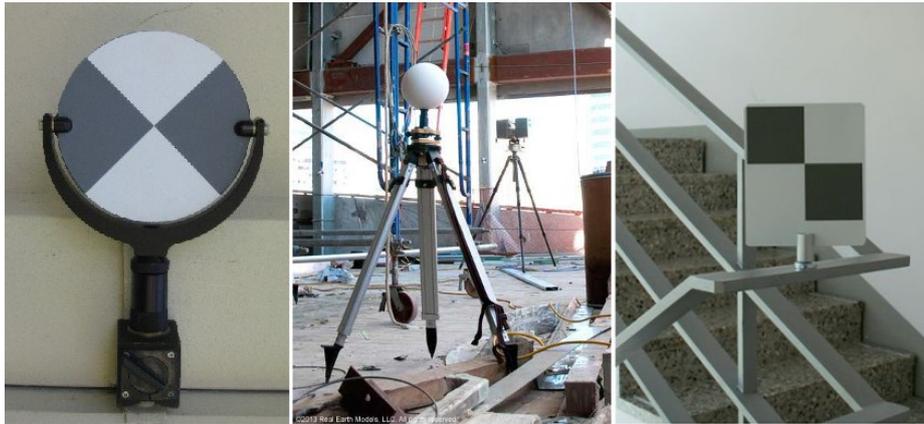
Abbildung links: GeoSLAM Zeb Revo

11.2 Messung

Pro Standpunkt werden innerhalb von 1-2 Minuten Millionen von Punkten abgetastet und intern gespeichert.

Wechselt man den Standpunkt, können die Standpunkte zueinander registriert werden, d.h. die beiden Punktwolken werden verschmolzen.

- Dafür sind aber idente glatte Flächen in beiden Scans notwendig.
- Alternativ: Kugeln oder Targets (Zieltafeln)



11.3 Punktwolke

Ergebnis ist eine Punktwolke, bestehend aus vielen Millionen Punkten. Idealerweise bereits georeferenziert:



Abbildung: Punktwolke aus unterschiedlichen Laserscanner- und Drohnen-Aufnahme

Die Inhalte müssen aber nachbearbeitet werden:

- Spiegelungen von Glasflächen
- Bewuchs (Bäume, Sträucher)



Abbildung: Fehlerhafte (störende) Spiegelungen

Ergebnis ist eine bereinigte und georeferenzierte Punktwolke.

11.4 Auswertung

Je nach Anforderung können unterschiedliche Produkte erstellt werden:

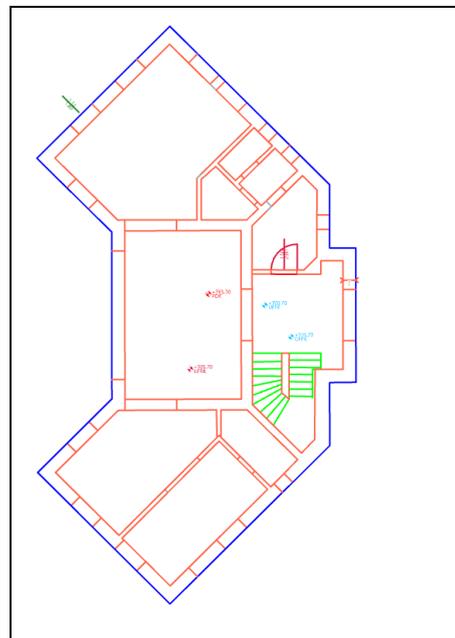


Abbildung: generierte Schnitte – links mit eingeblendeter Punktwolke

Abhängig von verwendeter Software können u.a. folgende Ergebnisse aus einer Punktwolke generiert werden:

- Bestandsplan (horizontale bzw. vertikale Schnitte und Fassaden)
- 3D-Gitternetz-Modell
- BIM-Modell (idealisierte Darstellung)
- Digitales Geländemodell (mit 3D-Profildarstellung)
- Bauteil-Überprüfungen (Strommasten, Glasziegel, ...)
- Denkmalschutz (Dokumentation von schützenswerten Objekten)

11.5 Unbemannte Flugobjekte (UVA)

10.5.1 Flugobjekt

Grundausrüstung ist eine Drohne, idealerweise mit einem oder mehreren GNSS-Antennen zur Positionsbestimmung.

- Registrierung bei der Austro Control ⇒ man bekommt eine Kennung, anzubringen auf der Drohne (wie bei Flugzeugen)
<https://www.austrocontrol.at/drohnen>
- Drohnen über 250g ⇒ Drohnenführerschein (Online-Kurs)
- Kategorie: Open
 - Ununterbrochener Sichtkontakt zur Drohne
 - Flughöhe maximal 120m über Grund
 - 3 Unterkategorien: A1 – A3
 - Infos: <https://www.dronespace.at/open>
- Kategorie Specific
 - Antrag auf Erteilung einer Bewilligung
 - Risikoanalyse wird durchgeführt ⇒ Auflagen
 - Für Flüge außerhalb der Sichtweite
 - Für Drohnen über 25kg oder für Drohnen bis 4kg über besiedeltes Gebiet
 - Infos: <https://www.dronespace.at/specific>
- Haftpflichtversicherung
- Bewilligung vom Grundeigentümer (Start- und Landeplatz) – die Benützung der Flugroute ist frei

10.5.2 Aufnahmegerät

Entweder ein Scanner (LIDAR*-Scanner) oder eine handelsübliche, hochauflösende Fotokamera, idealerweise an einem Gimbal** installiert.



Abbildung: Drohne mit Kamera und Gimbal.



Abbildung: Drohne mit LIDAR-Sensor

* LIDAR = Light detection and ranging – spezieller Scanner für Drohnen

** Ein Gimbal ist eine motorisierte kardanische Aufhängung, welche die Bewegungen einer Kamera ruckelärmer und flüssiger machen soll.

10.5.3 Aufnahme und Auswertung (= Fotogrammetrie)

Mit einer Kamera werden Fotos mit mind. 65% Überlappung erstellt, d.h. dass Bereiche der Erdoberfläche in mehreren Bildern zu sehen sind.

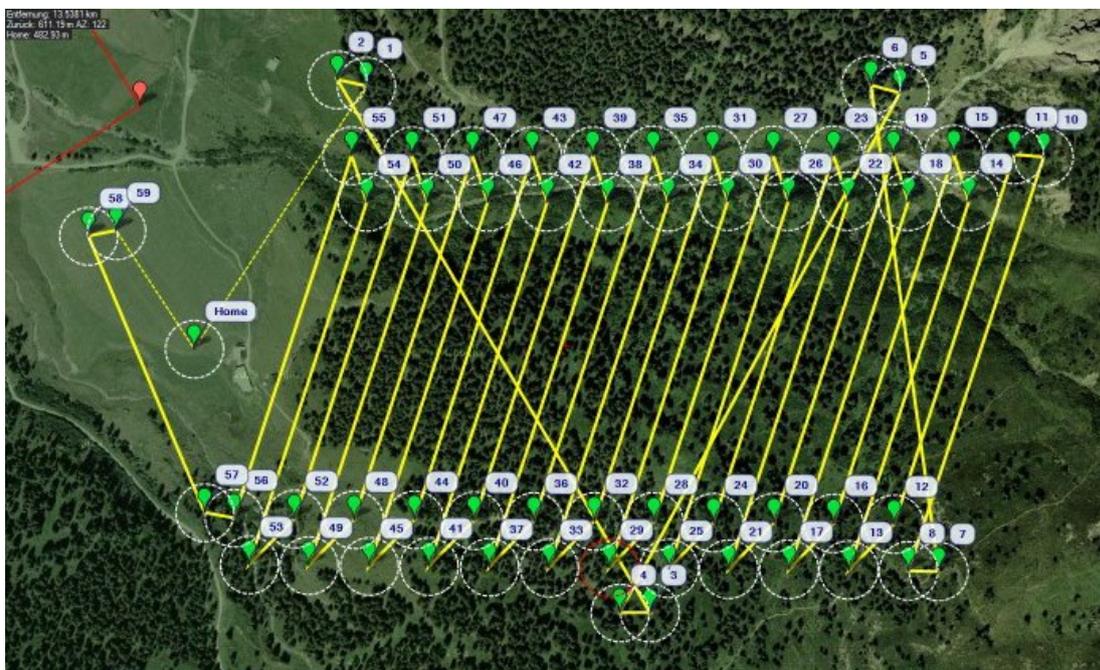


Abbildung: Flugplanung (Route, Berechnung der Flughöhe und Bestimmung der Auslözeitpunkte für die Fotos)

- Fotos zueinander registrieren– wie die einzelnen Standpunktscans beim Laserscanner
- Fotoblock georeferenzieren (durch Markierungen am Boden – wie bei den Targets – und genaue Bestimmung deren Lage).
- Aus Fotoblock eine Punktwolke generieren (durch Spezialsoftware)

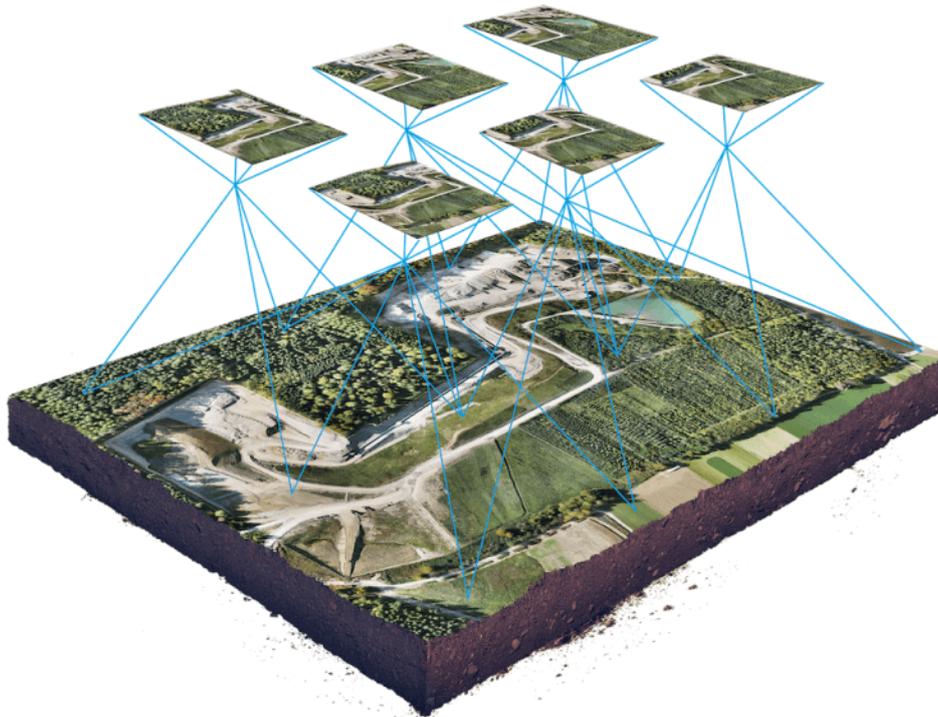


Abbildung: Darstellung der Erdoberfläche und der erstellten Fotos

Die weitere Auswertung erfolgt wie bei einer Punktwolke aus dem Laserscanner. Der Bewuchs (Bäume, Felder, ...) kann automatisch herausgefiltert werden.

12 Kataster

12.1 Entstehung und Aufgabe

Ursprünglich wurde der Kataster zur Besteuerung von Grund und Boden von Maria Theresia eingeführt. Im Laufe der Zeit hat sich die Aufgabe geändert – heutzutage ist die Sicherung des Grundeigentums zentraler Punkt.

Die Führung des Katasters obliegt den einzelnen Vermessungsämtern, die bestimmte Katastralgemeinden verwalten.

12.2 Bestandteile des Katasters

Der Kataster besteht aus dem technischen Operat und dem Grundstücksverzeichnis, das wiederum mit dem Grundbuch gekoppelt ist.

Technisches Operat

1. alle technischen Unterlagen zur Lagebestimmung der Festpunkte und der Grenzen der Grundstücke, d.h. alle Punkte des Festpunktfeldes der Landesvermessung und das Koordinatenverzeichnis über alle Grenzpunkte im Landeskoordinatensystem
2. alle technischen Unterlagen für die Ersichtlichmachungen (= Abgrenzung der verschiedenen Benützungsabschnitte, Flächeninhalte, dieser Benützungsabschnitte, ...). Sie sind nur in graphischer Genauigkeit gegeben.
3. die Katastralmappe (= Plan der Grundstücke inkl. Ihren Benützungsarten, Riednamen, Straßennamen, ...)

Grundstücksverzeichnis

Enthält die Grundstücksnummer, Benützungsarten, Gesamtflächenausmaß, Einlagezahl des Grundbuches (EZ), Blattnummer der Katastralmappe, Widmung, Veränderungshinweise (geben Aufschluss über Grundbuchsbeschlüsse) sowie Eintragungen des Grundbuches über den Eigentümer.

12.3 Grundsteuerkataster

Er dient lediglich zur Veranschaulichung der Grundstückslage – ohne Rechtskraft der Grundgrenzen. Im Zweifelsfall wird allerdings die Lage als tatsächliche Grenze herangezogen.

Die Genauigkeit der Grundsteuerkatasters beträgt rund $\pm 15\text{cm}$, in Sonderfällen sogar darüber.

12.4 Grenzkataster

Seine eingetragenen Grundgrenzen sind über Koordinaten festgelegt und rechtsgültig. Es kann zu keinen Grenzstreitigkeiten führen, da die Grenze jederzeit wiederhergestellt werden kann. Eine Ersitzung ist ebenfalls nicht möglich.

Um ein Grundstück in den Grenzkataster zu bringen, ist eine Grenzverhandlung mit allen betroffenen Grundeigentümern notwendig, die die einzelnen Grenzpunkte festlegen und dafür ihre Zustimmungserklärung abgeben. Die vereinbarten Grenzpunkte werden vom Geometer am selben Tag koordinativ festgelegt und an das Festpunktfeld angeschlossen.

Ein Grundstück im Grenzkataster ist ersichtlich, indem im Kataster die Grundstücksnummern strichliert unterstrichen sind bzw. im Grundbuch ein "G" vor der Grundstücksnummer vorangestellt wird.

Die Genauigkeit der Grundsteuerkatasters beträgt $\pm 5\text{cm}$.

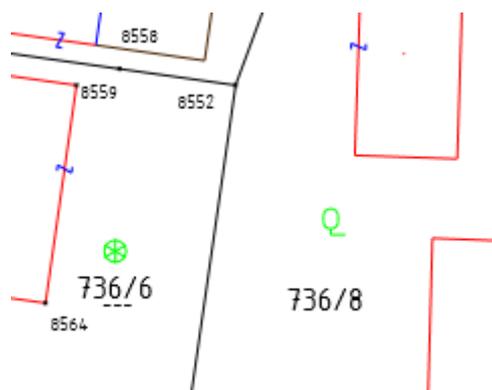


Abbildung: Digitale Katastralmappe (736/6 im Grenzkataster, 736/8 im Grundsteuerkataster)

```
*****
Letzte TZ 1242/2021
***** A1 *****
GST-NR  G BA (NUTZUNG)          FLÄCHE  GST-ADRESSE
687/40  G Gärten(10)           *      601  Am Bahnhof 2
```

Abbildung: Grundbuchsauszug (Grundstück 687/40 im Grenzkataster – siehe Spalte G)

13 Spezielle Kapitel der Bauordnung

13.1 Niederösterreich

§ 4 – Begriffsbestimmungen

- Abs. 4: Baufluchtlinie
Abgrenzung innerhalb eines Grundstückes, über die grundsätzlich nicht hinausgebaut werden darf.
- Abs. 29: Straßenfluchtlinie
Grenze zwischen öffentlichen Verkehrsflächen und anderen Grundflächen

§10 – Änderungen von Grundstücksgrenzen im Bauland

Sind vor ihrer Durchführung im Grundbuch bei der Gemeinde anzuzeigen. Änderungen nach §15 LiegTeilG sind davon ausgenommen.

Voraussetzungen:

- Übereinstimmung mit den Bestimmungen des Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes
- Die Bebauung unbebauter neuer Flächen darf nicht erschwert oder verhindert werden (siehe Anordnung von Bauwerken §§49-54)
- Bei bebauten Grundstücken kein Widerspruch zu bautechnischen Ausführungsbestimmungen
- Fahngrundstücke müssen eine Mindestbreite von 3,5m aufweisen

Anhänge zur Antragsstellung:

- Zustimmung der Eigentümer aller von der Änderung betroffenen Grundstücke
- Antrag auf Bauplatzerklärung (falls eines der Grundstücke noch kein Bauplatz ist)
- Beurkundeter Teilungsplan

§12 – Grundabtretung für Verkehrsflächen

Die Eigentümer sind verpflichtet, Grundflächen, die zwischen den Straßenfluchtlinien liegen und nicht mit dem Gebäudeteil bebaut sind, in das öffentliche Gut der Gemeinde abzutreten, wenn

- die Änderungen von Grundstücksgrenzen oder die Herstellung von Einfriedungen angezeigt wird
- eine Baubewilligung im Bauland auf bisher unbebauten Grundstücken erteilt wird.

Die grundbücherliche Durchführung ist von dem zur Grundabtretung verpflichteten Eigentümer zu veranlassen.

Es gibt keine Entschädigung, wenn

- an beiden Seiten der Verkehrsfläche Bauland angrenzt bis zur Mitte der Verkehrsfläche, höchstens aber 7 m
- nur an einer Seite Bauland angrenzt bis zur ganzen Breite der Verkehrsfläche, höchstens 14 m

§ 10 (8) – Grenzverlegung

Wenn zwei Gebäude an einer Grundstücksgrenze eine gemeinsame Wand aufweisen und eines dieser Gebäude abgebrochen wird, hat die Baubehörde die Verlegung der Grundstücksgrenze zwischen den beiden Gebäuden zu verfügen.

Die bisher gemeinsame Wand muss damit zur Gänze zu dem bestehen bleibenden Gebäude gehören. Dafür ist eine Entschädigung zu leisten. Der Eigentümer des abzubrechenden Gebäudes zahlt Teilungsplan.

§19 – Bauplan, Baubeschreibung und Energieausweis

...

Ist kein Grenzkataster vorhanden, sind die Grenzen nicht strittig und ist das Bauvorhaben direkt an der Grundstücksgrenze oder in einem Abstand von der Grundstücksgrenze geplant, der nicht größer als der um 1 m vergrößerte Bauwuch

Man benötigt Grenzvermessung, In allen übrigen Fällen ein Grenzfeststellungsverfahren (wird vom Vermessungsamt durchgeführt)

...

§30 – Fertigstellung

...

Bei einem Neu- oder Zubau (ausgenommen Aufstockung und Dachausbau) ist ein Lageplan mit der Bescheinigung des Bauführers oder der Eintragung der Vermessungsergebnisse über die lagerichtige Ausführung des Bauvorhabens anzuschließen.

...

§ 50 – Bauwuch

Unter Bauwuch versteht man den vorgeschriebenen Mindestabstand eines Gebäudes zu den Grundstücksgrenzen (seitlicher und hinterer Bauwuch) oder zur Straßenfluchtlinie (vorderer Bauwuch).

Der seitliche Bauwuch beträgt die halbe Gebäudehöhe, mindestens 3 m .

§ 52 – Vorbauten

Über die Straßenfluchtlinie sind folgende Vorbauten zulässig:

- Licht-, Luft- und Putzschächte sowie Einbringöffnungen bis $1m$
- vorstehende Bauteile, die der Gliederung und Gestaltung der Schauseiten dienen, bis 15 cm
- Hauptgesimse und Dachvorsprünge bis $1m$
- Balkone, Erker, Sonnenblenden (Markisen) und Schutzdächer bis $1,50\text{ m}$, wenn ihr seitlicher Abstand zu den Grundstücksgrenzen mind. $3m$ beträgt.
- Werbezeichen bis $1,50m$

Unabhängig davon dürfen Wärmeschutzverkleidungen bis zu $20cm$ bei Gebäuden angebracht werden, die vor dem 1. Februar 2015 baubehördlich bewilligt wurden.

§ 31 – NÖ Raumordnungsgesetz: Bauklassen

Die Bebauungshöhe ist in 9 Bauklassen unterteilt:

Bauklasse I	bis 5 m
Bauklasse II	$5 - 8\text{ m}$
Bauklasse III	$8 - 11\text{ m}$
Bauklasse IV	$11 - 14\text{ m}$
Bauklasse V	$14 - 17\text{ m}$
Bauklasse VI	$17 - 20\text{ m}$
Bauklasse VII	$20 - 23\text{ m}$
Bauklasse VIII	$23 - 25\text{ m}$
Bauklasse IX	über 25 m

13.2 Wien

§ 5 (6) – Fluchtlinien

- Baulinien
das sind die Grenzen der im Bauland gelegenen öffentlichen Verkehrsflächen (Wege, Gassen, Straßen und Plätze) gegen alle übrigen Grundflächen des anliegenden Baulandes
- Straßenfluchtlinien
das sind die Grenzen der im Grünland oder Sondergebiet gelegenen öffentlichen Verkehrsflächen gegen alle übrigen Grundflächen des anliegenden Grünlandes oder Sondergebietes
- Verkehrsfluchtlinien
das sind die Grenzen des Verkehrsverbandes gegen alle übrigen Widmungsgebiete oder die Grenzen von öffentlichen Verkehrsflächen im Bauland, Grünland oder in Sondergebieten, an die die Rechte und Pflichten aus den Baulinien und Straßenfluchtlinien nicht geknüpft sind
- Grenzfluchtlinien
das sind die Grenzen zwischen den Grundflächen für öffentliche Zwecke einerseits und allen anderen Grundflächen andererseits, soweit diese Grenzen nicht als Baulinien, Straßenfluchtlinien oder Verkehrsfluchtlinien bezeichnet sind
- Baufluchtlinien
das sind die Grenzen, über die mit einem Gebäude oder Gebäudeteil mit Ausnahme der zulässigen Vorbauten nicht vorgerückt werden darf
- Grenzlinien,0
das sind die Grenzen zwischen verschiedenen Widmungsgebieten oder zwischen Grundflächen desselben Widmungsgebietes mit unterschiedlicher Bebauungs- oder Nutzungsbestimmungen, soweit diese Grenze nicht mit einer anderen Fluchtlinie zusammenfallen

§ 17 – Grundabtretungen zu Verkehrsflächen bei Abteilungen im Bauland

Bei Abteilungen einer Grundfläche auf Bauplätzen, Baulosen oder Teile von solchen sind die nach Maßgabe der Baulinien zu den Verkehrsflächen entfallenden Grundflächen

- bei beiderseitiger Bebauungsmöglichkeit bis zur Achse der Verkehrsflächen
- bei einseitiger Bebauungsmöglichkeit bis zur ganzen Breite der Verkehrsfläche

in beiden Fällen aber nur bis zu 20 m, senkrecht zur Baulinie und von dieser aus gemessen

Siehe auch §18 Abteilungen im Grünland)

§ 38 – Enteignungsfälle und Umfang der Enteignung

Eine Enteignung ist nur dann zulässig, wenn der Enteignungsgegner die Einräumung der angestrebten Rechte ablehnt oder dafür ein offenbar übermäßiges Entgelt fordert oder wenn er nicht in der Lage ist, die Ausübung der angestrebten Rechte zu gewährleisten. Die Nichtäußerung zu einem gestellten Anbot gilt als Ablehnung.

Eine Enteignung ist zulässig

- zur Herstellung von Verkehrsflächen und zur Anlage öffentlicher Aufschließungsleitungen (§ 39)
- zur Ausführung von Bauvorhaben oder Anlagen auf Grundflächen für öffentliche Zwecke (§ 40)
- zur Erhaltung, Ausgestaltung oder Herstellung der allgemeinen Zugänglichkeit des Wald- und Wiesengürtels (§ 41)
- zur Vermeidung des Zurückbleibens von nach den Bebauungsbestimmungen selbständig nicht bebaubaren Grundflächen (§ 42)
- zur bauordnungsgemäßen Bebauung von Liegenschaften (§ 43)

Soll ein Grundstück soweit enteignet werden, dass die Restfläche nach den Vorschriften dieses Gesetzes nicht mehr bebaubar ist, ist auf Antrag des von der Enteignung betroffenen Grundeigentümers die Enteignung des gesamten Grundstückes auszusprechen. Das gleiche gilt, wenn ein Grundstück durch die Verringerung seines Ausmaßes oder durch eine beantragte Belastung mit dinglichen Rechten nicht mehr nach seiner bisherigen Bestimmung wirtschaftlich genutzt werden kann.

§ 43 – Sonstige Enteignungen

- Unbebaute oder nicht entsprechend bebaute Liegenschaften können enteignet werden, wenn dadurch die bauordnungsgemäße Bebauung dieser Liegenschaften erreicht wird und dies aus städtebaulichen Rücksichten, wozu auch solche auf das Stadtbild gehören, erforderlich ist.
- Als nicht entsprechend bebaut gelten Liegenschaften, wenn das darauf befindlichen Bauwerk den im Bebauungsplan festgesetzten Widmungen oder der Bauweise nicht entsprechen oder von der nach diesem Gesetz und dem Bebauungsplan zulässigen Gebäudehöhe wesentlich abweichen.

§ 75 – Bauklassen

Die Bebauungshöhe ist in 6 Bauklassen unterteilt:

Bauklasse I	2,5 - 9 <i>m</i>
Bauklasse II	2,5 – 12 <i>m</i>
Bauklasse III	9 – 16 <i>m</i>
Bauklasse IV	12 – 21 <i>m</i>
Bauklasse V	16 – 26 <i>m</i>
Bauklasse VI	Mind. 21 <i>m</i>

In Bauklasse VI hat der Bebauungsplan die einzuhaltenden Gebäudehöhen innerhalb von zwei Grenzmaßen festzusetzen.

Die tatsächliche zulässige Gebäudehöhe kann durch vorgegebene Fluchtlinien noch beschränkt werden.

§ 83 – Bauteile vor der Baulinie oder Straßenfluchtlinie

- Keller- und Grundmauern bis 20 *cm*
- Gebäudesockel bis 20 *cm* (bis zu einer maximalen Höhe von 20 *m*)
- Schauseitenverkleidungen bis 7 *cm*
- vorstehende Bauelemente zur architektonischen Ausgestaltung der Schauseiten bis 15 *cm*
- Hauptgesimse und Dachvorsprünge bis 1 *m*
- die dem Gebäude dienenden Zu- und Ableitungen

A Punktkarten und Übersichten

Festpunktübersicht (Abfrage über BEV-Webseite: www.bev.gv.at)



Anmerkung:

- Punkte in schwarzer Farbe nur im System MGI (Gauß-Krüger) vorhanden
- Punkte in roter Farbe zusätzlich auch im System ETRS89 vorhanden

Punktkarte für Triangulierungspunkt

BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen

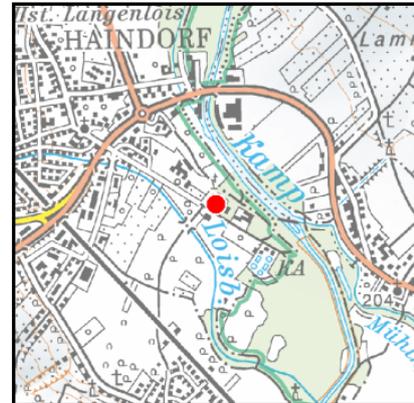


Punktkarte

Triangulierungspunkt 735-38



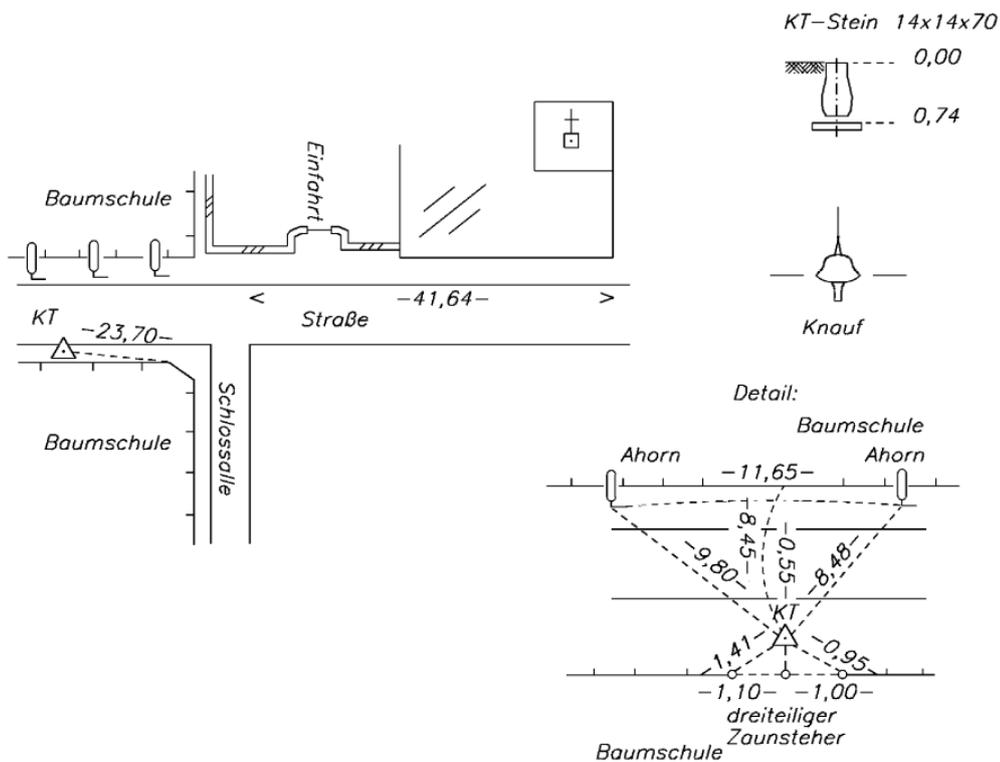
Punktname: HAINDORF, SCHLOSS
 Ordnung: 5
 Auflage der Punktkarte: 1a
 Meridian: 34
 Bundesland: Niederösterreich
 Politische Gemeinde: Langenlois
 Gerichtsbezirk: Krems an der Donau
 Vermessungsbezirk: Krems an der Donau
 Punkthinweis: G
 Letzte Begehung: 01.07.2010



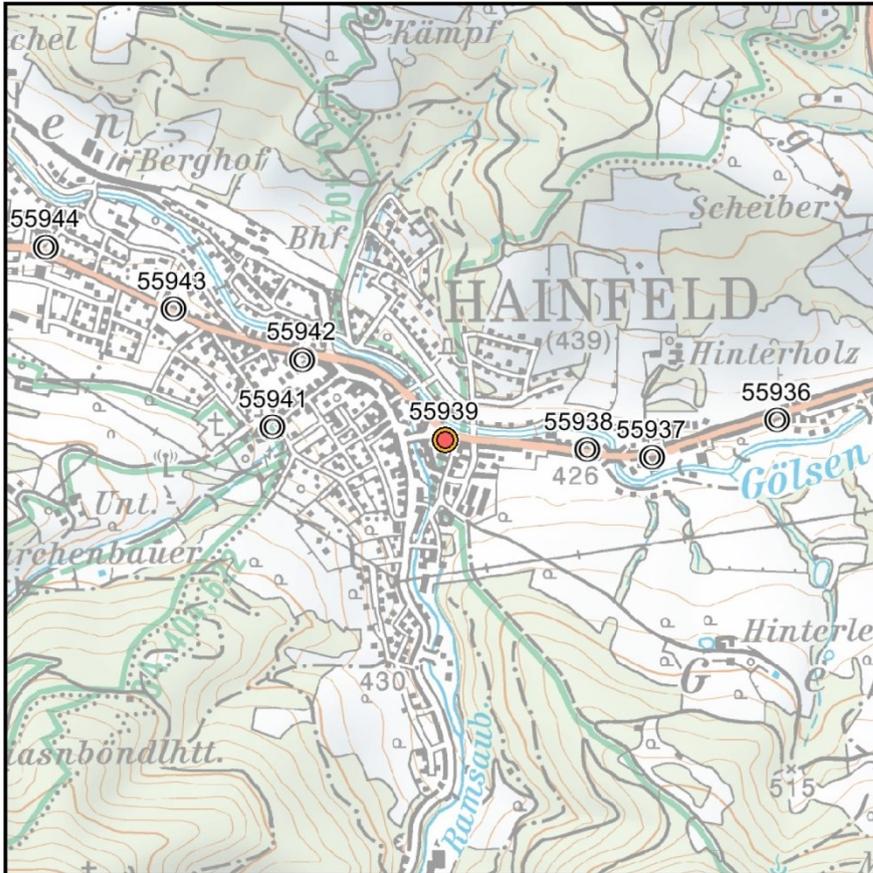
KZ	Stabilisierung, Bezug	J.Lage	y _{GK} [m]	x _{GK} [m]	OP.Lage	h [m]	Op.Höhe	SHW
A1	KT-STEIN/STEIN OBERFLÄCHE	2001	-46889,53	5370590,89	N/811	206,29	N/811	G
T1	KNAUF/MITTE	2001	-46785,89	5370560,50	N/811	227,35	N/811	
KZ	KG-Nr.	KG-Name			Gst.Nr.		Mbl.	
A1	12212	Haindorf			344		7138-75/1	
T1	12212	Haindorf			.58		7138-75/2	
Orientierungspunkte	Punktname	Pkt.Art	KZ	Stab.Art	AL	Jahr	SHW	
115-38	KAMPTALWARTE	TP	T1	KNAUF/MITTE	5	1984		

Lage- und Wegbeschreibung:

Teil 1 / 1



Übersicht Höhenfestpunkte



Punktkarte für Höhenfestpunkte

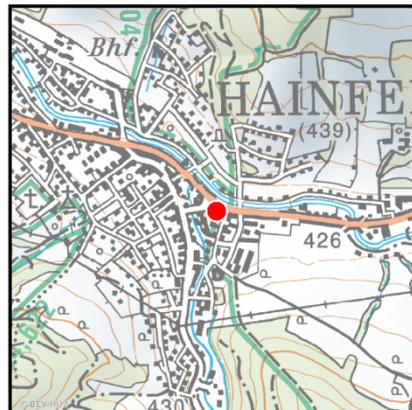
Punktkarte

Präzisionsnivellement

P 55939

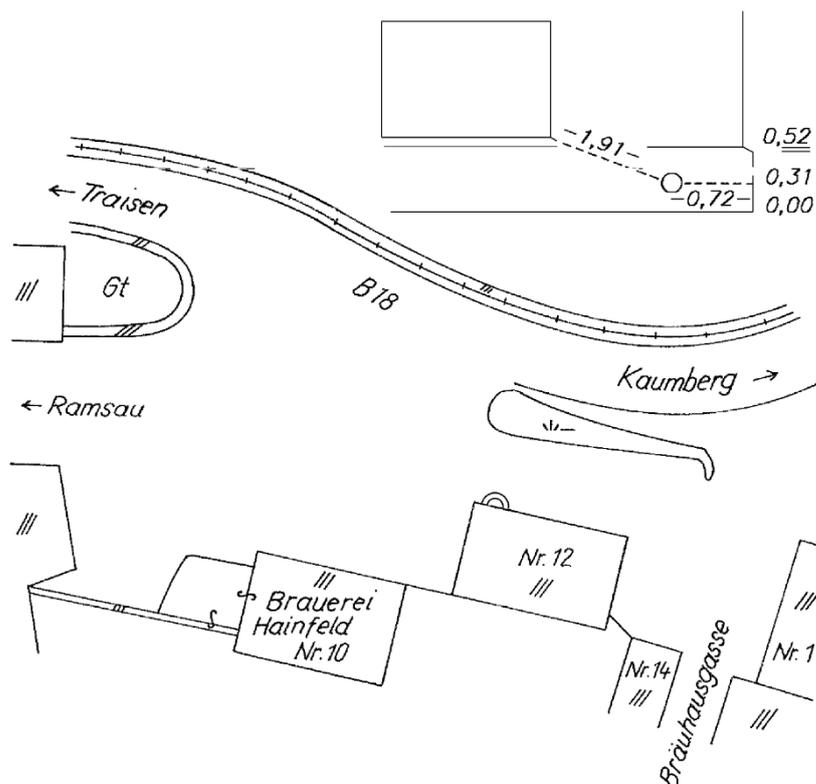


Liniennummer: P 985
 Auflage der Punktkarte: 1b
 Meridian: 34
 Bundesland: Niederösterreich
 Politische Gemeinde: Hainfeld
 Gerichtsbezirk: Lilienfeld
 Vermessungsbezirk: St. Pölten
 Letzte Begehung: 1987

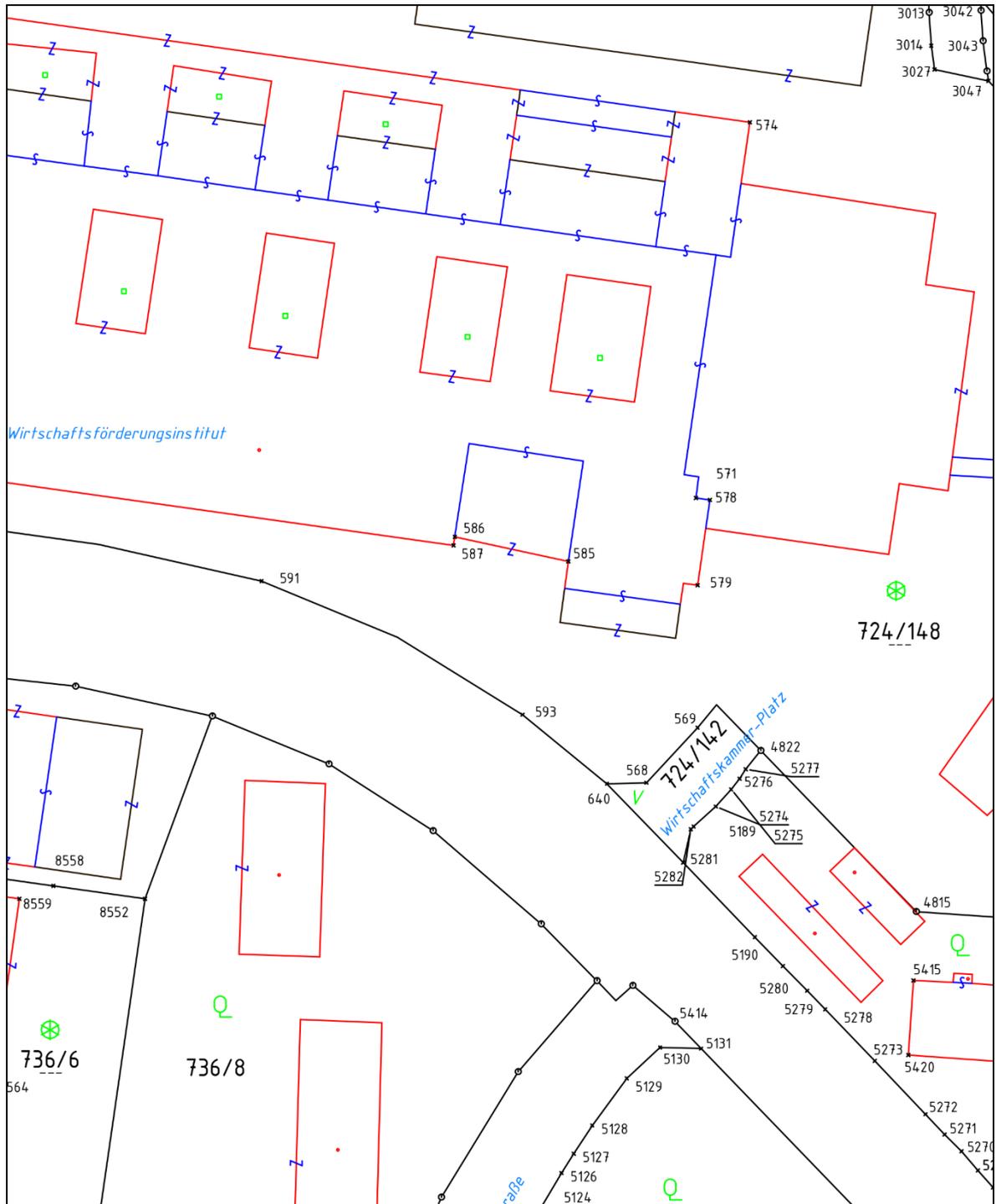


h [m]	Stabilisierungsart	Höhenbezug	Op.Höhe	Messjahr	y _{GK} [m]	x _{GK} [m]	LKoord.		
422,712	Höhenbolzen horizontal	Scheitel		1986	-41501,90	5321879,80	+/- 2 m		
Früh. PktNr.	Id. TP/EP	Id. ÖSGN	Sonst. Id.	ÖK50	KG-Nr.	KG-Name	Gst.Nr.	D2001	Mbl.
				56	19009	Hainfeld	31/9	1986	7133-71/2
Messweg (Punkt Entfernung [m]):		P 55938 432							
Beschreibung:									

Lage- und Wegbeschreibung: Maßschneiderei
 Vorläufige Ausgabe der Punktkarte.



B Katastralmappe



C Quellen- und Literaturverzeichnis

Großmann Walter, Heribert Kahmen: Vermessungskunde I.
Verlag deGruyter, Berlin 1985

Großmann Walter, Heribert Kahmen: Vermessungskunde II.
Verlag deGruyter, Berlin 1985

Firmenprospekte und Grafiken der Firmen:

Leica-Geosystems, Trimble (Allterra), Bosch, Faro, Riegl, GeoSLAM sowie
DJI (Drohne).

Produktabbildungen von Goecke-Austria

Abfrage-Produkte des Bundesamtes für Eich und Vermessungswesen (BEV)

Software für die praktische Auswertung von rmDATA GmbH

D Angaben zum Autor

Dipl.-Ing. Manfred Huber
Untere Hauptstraße 31
2475 Neudorf

e-Mail: vermessung@geoweb.at
Internet: www.geoweb.at