Bauvermessung

Grundvorlesung im
BA-Studiengang

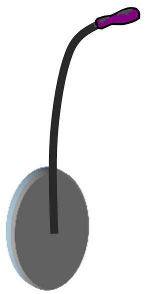
Bauingenieurwesen

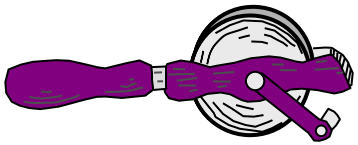
Prof. Dr.-Ing. H.-J. Przybilla

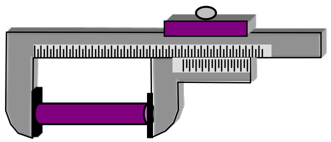
Quellen: Resnik/Bill: Vermessungskunde für den Planungs-, Bau- und Umweltbereich
Witte/Schmidt: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen

Distanzmessung

Verfahren	Qualität	Genauigkeit
Ortung, Einfache Berechnungen		
Schrittmaß	grob	m / 100m
Marschzeit	grob	1 km
Messrad	grob	dm / 100m
Geodäsie		
Messband	genau	cm / 100m
Optische Geräte	genau	cm-dm / 100m
Elektrooptische Distanzmessung	genau - sehr genau	mm-cm / 100m
Mess- und Regeltechnik		
Schieblehre	sehr genau	mm-µm / dm
Skalenmikroskope	sehr genau	µm / dm
Interferometer	sehr genau	µm / dm



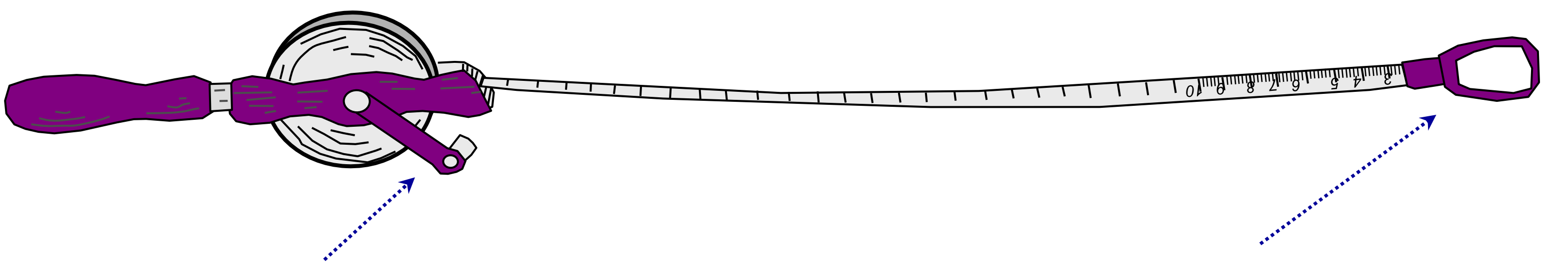




Messband

Das Messband ist ein Gerät zur mechanischen Längenmessung, das aus einem Stahlband mit Längenteilung besteht und zum Transport auf einen Aufrollrahmen aufgerollt wird.

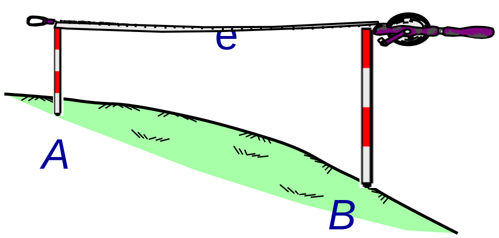
Typ	*:* *Leinen*	*Länge:*	*20 m*
	Stahl		*30 m*
	Stahl mit Kunststoffummantelung		*50 m*
	Invar		*100 m*



Durch eine umklappbare Kurbel lässt sich das Messband auf einen Rahmen aufrollen

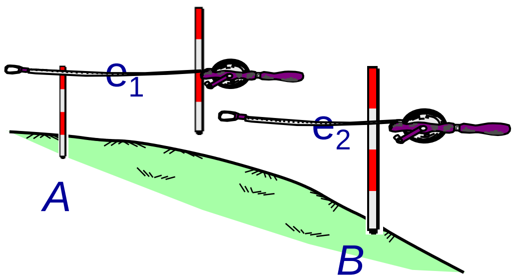
Die Teilung beginnt entweder ca. 10 cm hinter dem Beschlag auf dem Band oder am Beschlag selbst

Streckenmessung mit Messband



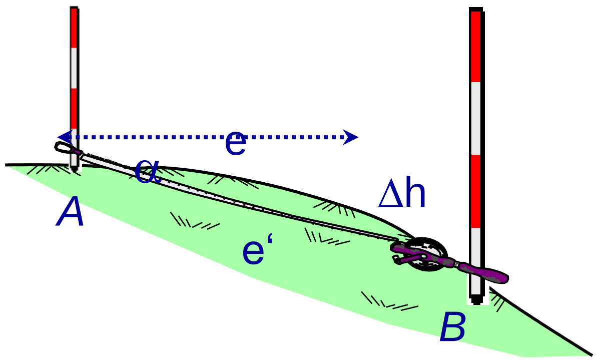
Längenmessung mit freihängendem Messband

Das vordere Ende des Messbandes wird nach Augenmaß bis in die Horizontale angehoben.



Staffelmessung

Die Strecke wird in kleinere horizontal messbare Abschnitte geteilt.



Längenmessung mit aufliegendem Messband

Die Strecke wird mit dem aufliegenden Messband gemessen und später in die Horizontale reduziert.

Messband – Reduktion schräger Strecken

- Die Reduktion der schräg gemessenen Strecke in die Horizontale ergibt sich wie folgt:
  - mit dem Höhenwinkel α: $$e = e' * \cos\alpha$$
  - mit dem Höhenunterschied Δh: $$e = \sqrt{e'^2 - \Delta h^2}$$
  - Für Überschlagsrechnungen gilt die folgende Näherungsformel:

$$e \approx e' - \frac{\Delta h^2}{2e'}$$

Reflektorlose Distanzmessung

1994 stellte Leica mit DISTO den ersten elektronischen Handstreckenmesser vor. Das Messsystem ist aufgrund der reflektorlosen Streckenmesstechnik weit mehr als ein Ersatz für das Messband.

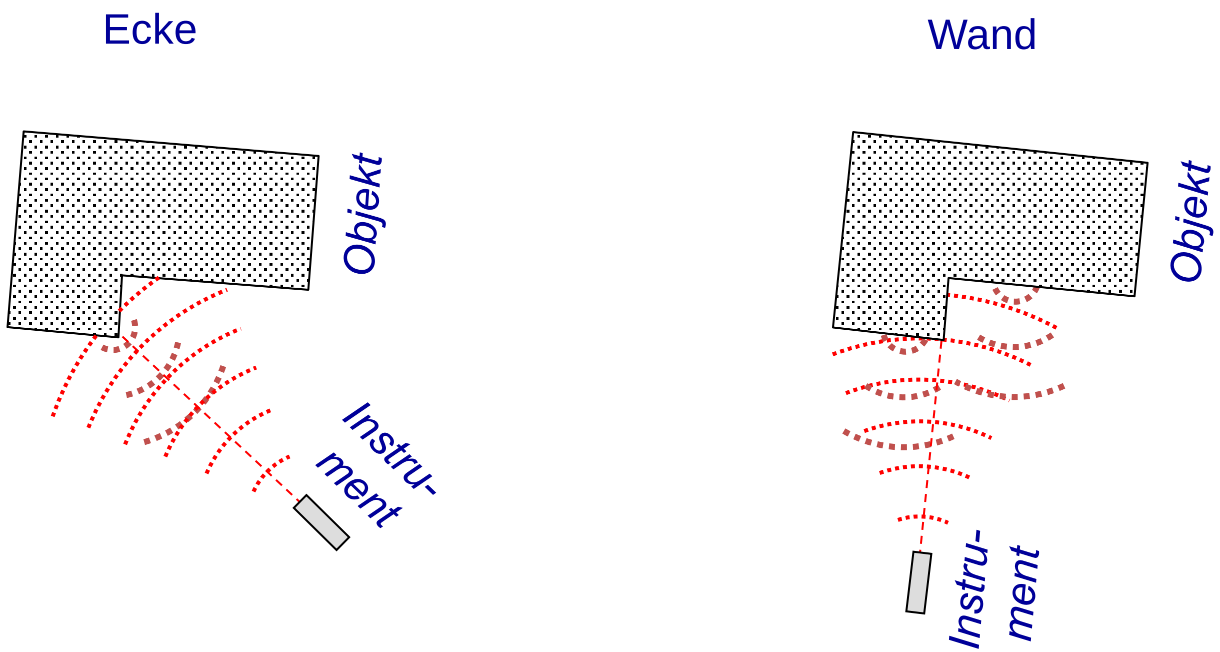
Reflektorlose Distanzmessung

Die wesentlichen Vorteile gegenüber dem Messband sind:

- 1-Personen-Messystem,
- präzisere Messungen (s = 1 bis 10 mm auf 50 m),
- gefahrlose Messung von Raumhöhen bzw. schwer zugänglichen Abschnitten (Verkehrs- und Wasserflächen usw.),
- automatische Speicherung der Messwerte und Berechnung von Flächen und Volumina,
- umfangreiches Zubehör (Visiereinrichtungen, Zieltafeln usw.) für spezielle Messaufgaben, wie Baumhöhen und große Entfernungen.

Reflektorlose Distanzmessung

Die Reichweite und die Genauigkeit der reflektorlosen Distanzmessung hängt erheblich von der angemessenen Oberfläche, den meteorologischen Bedingungen und der Objektform ab.



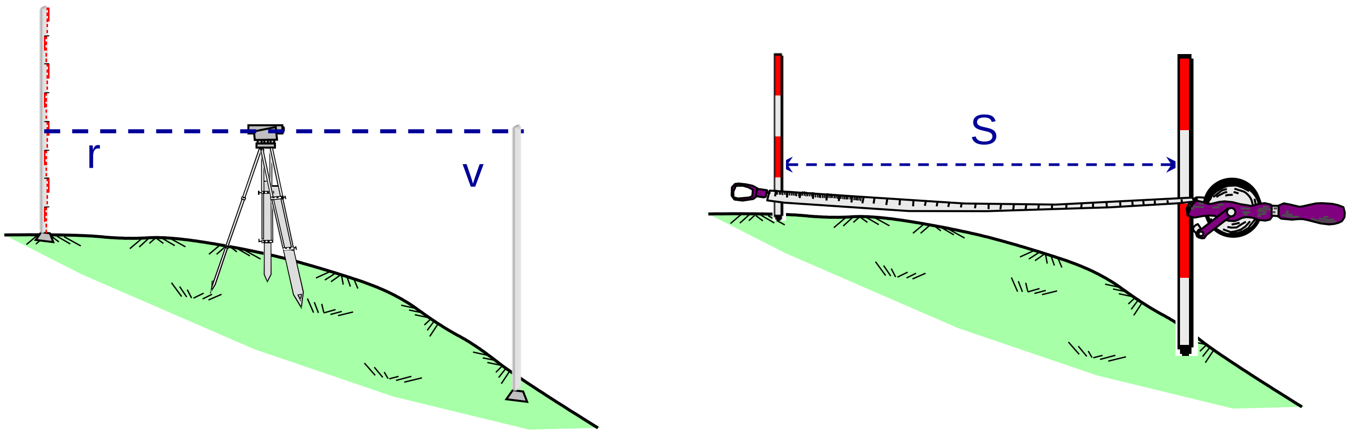
Messgenauigkeit

Eine Messung dient der quantitativen Bestimmung von Größen.
Alle Messungen sind mit Messfehlern, besser Messunsicherheiten, behaftet.

Die Messunsicherheiten hängen ab:

- vom Messgerät und dem Messverfahren,
- den Bedingungen des Messraumes und
- den Fertigkeiten des Messenden.

Ursachen von Fehlern und Abweichungen



Die Messung beeinträchtigende Einflüsse lassen sich folgendermaßen unterscheiden:

Grobe Fehler - Wirken einmalig

Systematische Abweichungen - Wirken regelmäßig
Sie können es positiv oder negativ beeinflussen

Zufällige Abweichungen - Wirken unregelmäßig
Sie können es positiv und negativ beeinflussen

Messfehler

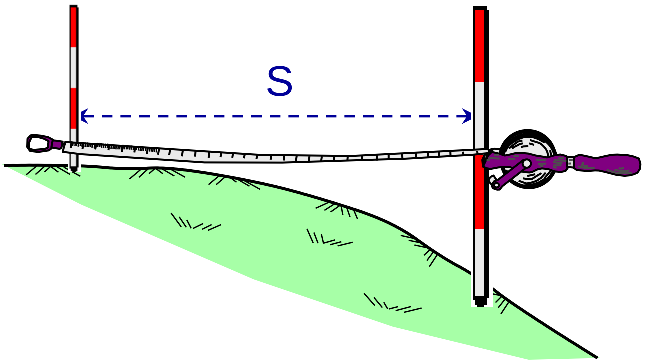
- Grobe Fehler
  Sie stehen in keinem Zusammenhang mit der Messgenauigkeit und sind durch Messungskontrollen in jedem Fall zu vermeiden, z.B. Meterfehler.
- Systematische Fehler
  Ursachen sind gleichsinnig wirkende Unzulänglichkeiten bei der Messung, z.B. Ausdehnung eines Stahlmessbandes bei Sonneneinstrahlung. Durch geeignete Messungsanordnungen, Kalibrierung der Messgeräte und Anbringen von Korrektionen sind sie zu eliminieren.

Messfehler

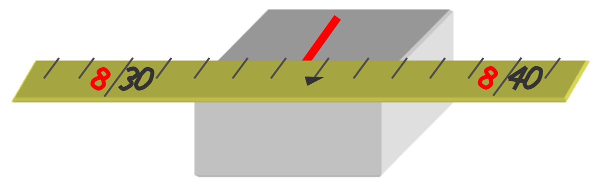
- Zufällige Fehler
  Ursachen sind Unvollkommenheit der Messinstrumente, Unsicherheiten des Beobachters und Bedingungen des Messraumes. Sie treten positiv und negativ in etwa gleicher Häufigkeit auf und sind unvermeidbar. Durch Wiederholungsmessungen, Mittelbildung sowie Überbestimmung der Messelemente lassen sich die Einflüsse reduzieren.

Carl Friedrich Gauß führte als Genauigkeitsmaß für geodätische Messungen den „mittleren zu fürchtenden Fehler" oder kurz mittleren Fehler m ein. Dem mittleren Fehler entspricht in der mathematischen Statistik die empirische Standardabweichung s.

Distanzmessungen



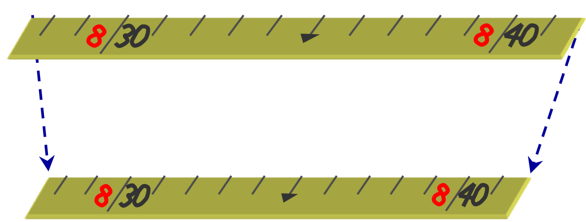
Zufällige Abweichungen



8,34 oder 8,35 ?

Systematische Abweichungen

Herstellung $t_0 = 20°C$

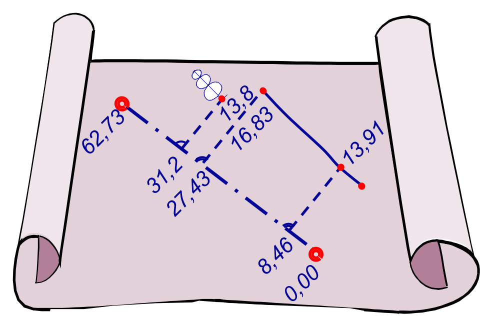


Messung $t = -5°C$

Systematische Verfälschung $k_t = \alpha\,(t - t_0)\,S$

8,36 statt 8,34 !

Grobe Fehler



8,46 statt 8,36 !!!

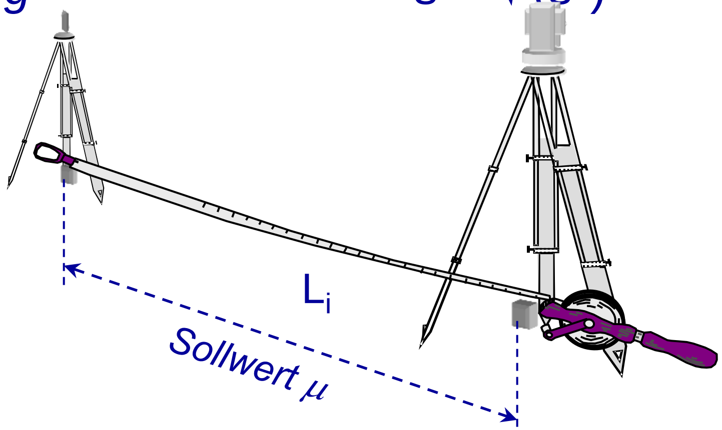
Berechnung der Streuungsmaße

Für eine begrenzte Zahl von Messungen werden die empirische Varianz bzw. Standardabweichung ermittelt:

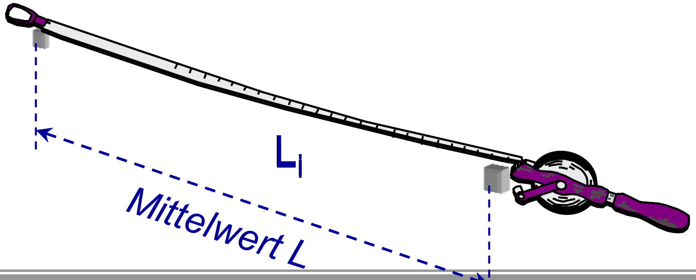
Empirische Varianz $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{1}^{n} (l_i - \mu)^2$

Empirische Standardabweichung $s = \sqrt{(s^2)}$

Gelegentlich wird das Ergebnis einer sehr genauen Messung zur Beurteilung von weniger genauen Messungen als quasi-wahrer Wert angenommen.

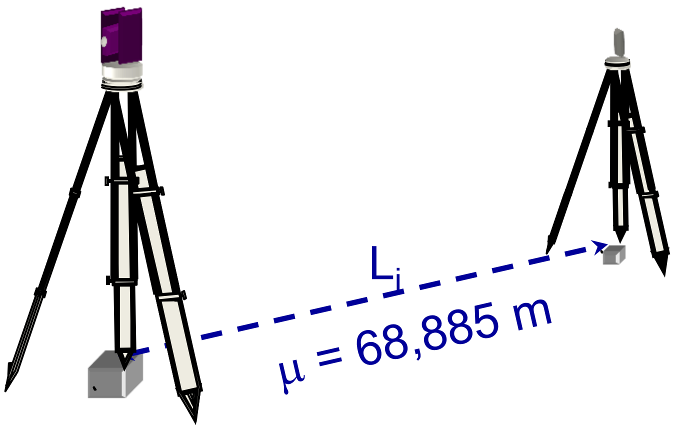


In anderen Fällen wird das arithmetische Mittel aus vorhandenen Beobachtungen als wahrer Wert verwendet.



Berechnung der Streuungsmaße

Zur Kalibrierung wurde die Länge einer genau bekannten Eichstrecke mehrfach gemessen. Die Genauigkeit einer Messung ist abzuschätzen.

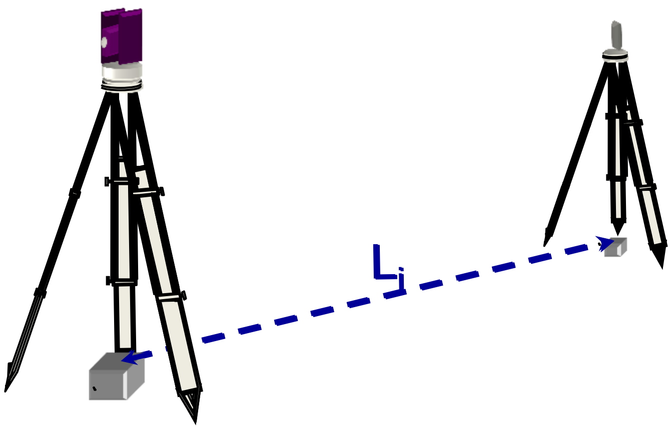


Messwerte L_i (m)	$L_i - \mu$ (mm)	$(L_i - \mu)^2$ (mm^2)
68,885	0	0
68,888	3	9
68,885	0	0
68,886	1	1
68,879	-6	36
68,887	2	4
68,884	-1	1
Summe	-1	51

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(L_i - \mu)^2}{n}} = \pm 2{,}7 \text{ mm}$$

Berechnung der Streuungsmaße

Die Länge einer Strecke wurde mehrfach gemessen. Die Genauigkeit des Mittelwertes ist abzuschätzen.



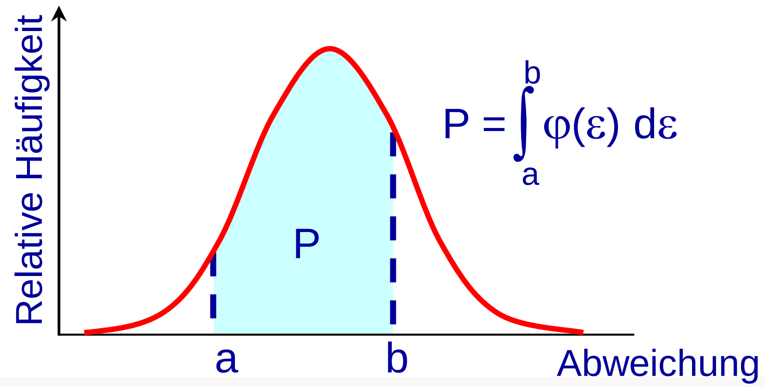
Messwerte L_i (m)	L_i - L (mm)	$(L_i - L)^2$ (mm^2)
68,885	0	0
68,888	3	9
68,885	0	0
68,886	1	1
68,879	-6	36
68,887	2	4
68,884	-1	1
Summe:	0	51

Mittelwert:

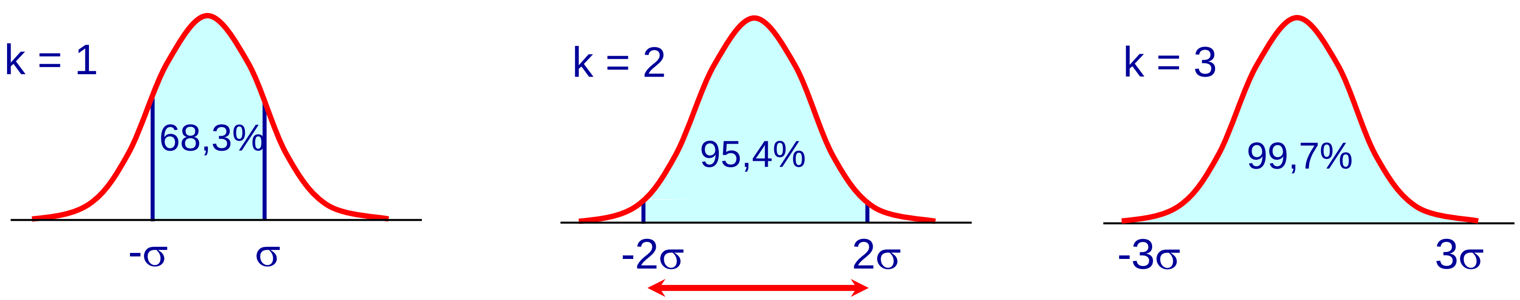
$$L = \frac{1}{n}(L_1 + L_2 + \ldots + L_n) = 68{,}885$$

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(L_i - L)^2}{n - 1}} = \pm\, 2{,}9 \text{ mm}$$

Fehlergrenzen geodätischer Messungen



Wählt man als Grenzen das Vielfache von der Standard-abweichung, so kann mit bestimmter Sicherheit behauptet werden, dass die ermittelten Abweichungen innerhalb von diesen Grenzen liegen.

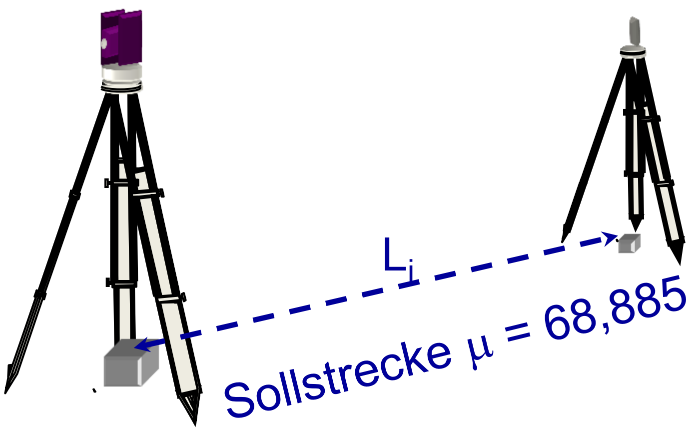


Vertrauensbereich:

$(\mu - 2\cdot\sigma) < l_i < (\mu + 2\cdot\sigma)$

Fehlergrenzen - Zahlenbeispiel

Die Länge einer genau bekannten Eichstrecke wurde mehrfach mit einem kalibrierten Tachymeter (σ = 1 mm) gemessen. Grobe Fehler sind festzustellen.



Messwerte L_i (m)	$L_i - \mu$ (mm)
68,885	0
68,888	3
68,885	0
68,886	1
68,879	-6
68,887	2
68,884	-1
Summe	-1

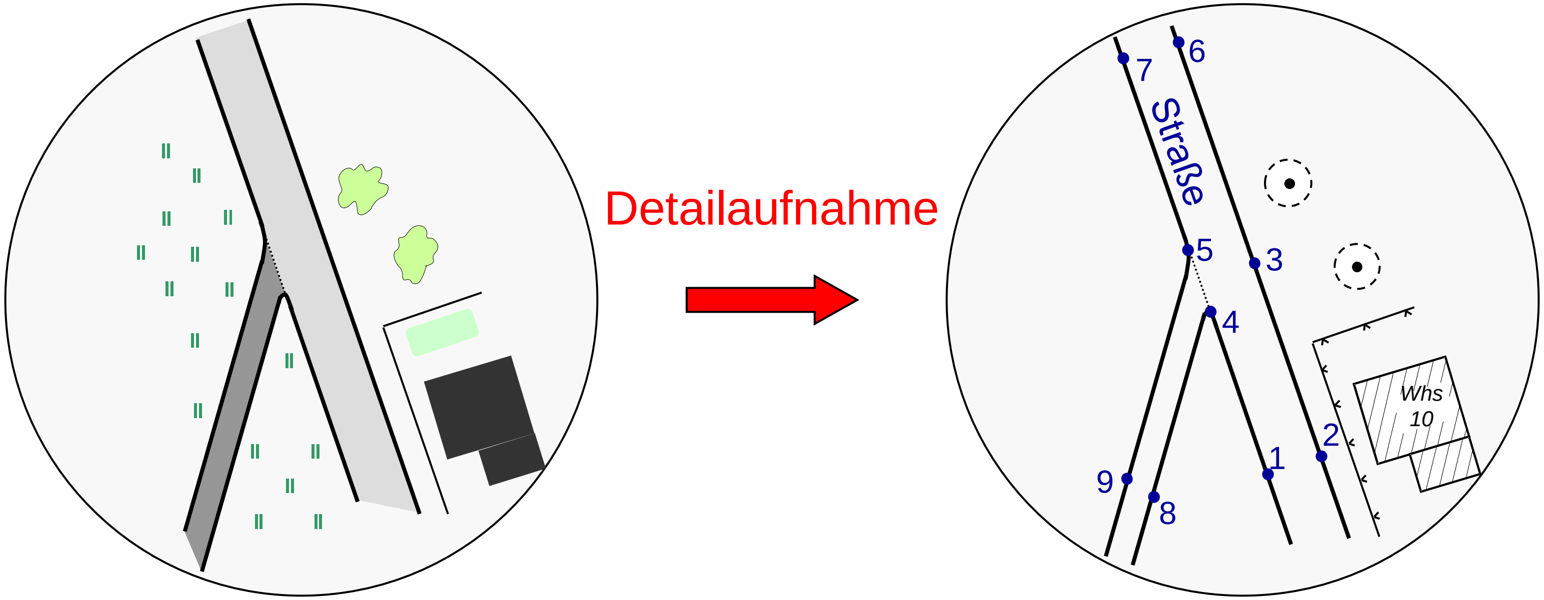
Grober Fehler

k	S%	± kσ (mm)
3	99,7	3

68,882 < L < 68,888

Aufmessung örtlicher Gegebenheiten

Bei Lagevermessungen werden die räumlich liegenden Punkte, Linien, Flächen oder Körper in die Horizontalebene projiziert und zweidimensional eingemessen.



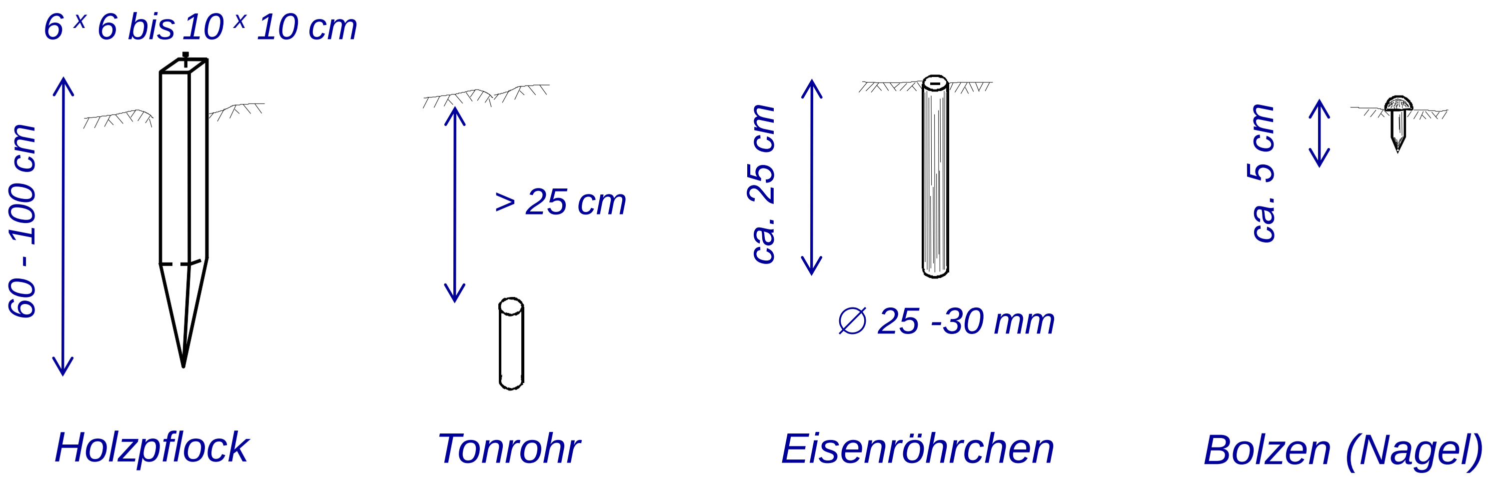
Realität *Abbildung*

cm-Genauigkeit: *Fluchtstäbe, blankes Auge*

mm-Genauigkeit: *Nägel etc., Fernrohr*

Dauerhafte Vermarkung

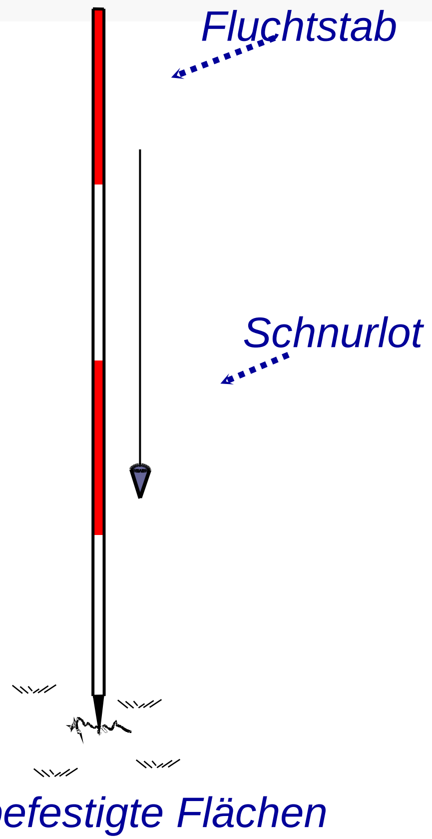
Die Detailaufnahme kann nicht nur von den wenigen Festpunk-ten der amtlichen Lagenetze durchgeführt werden. Deswegen müssen in der Regel einige zusätzliche Punkte im Gelände sichtbar vermarkt werden.

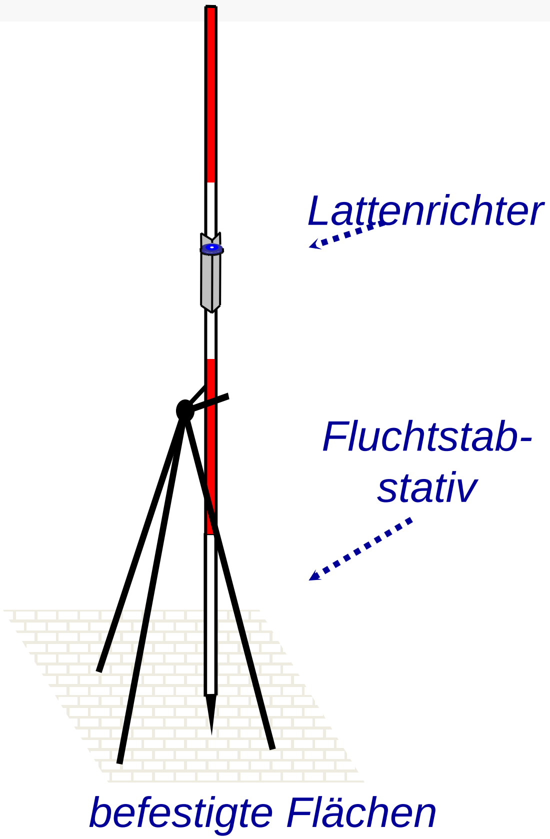


Die Vermarkungsart hängt von der erforderlichen Genauigkeit und Bodenbefestigung ab.

Signalisieren von Vermessungspunkten

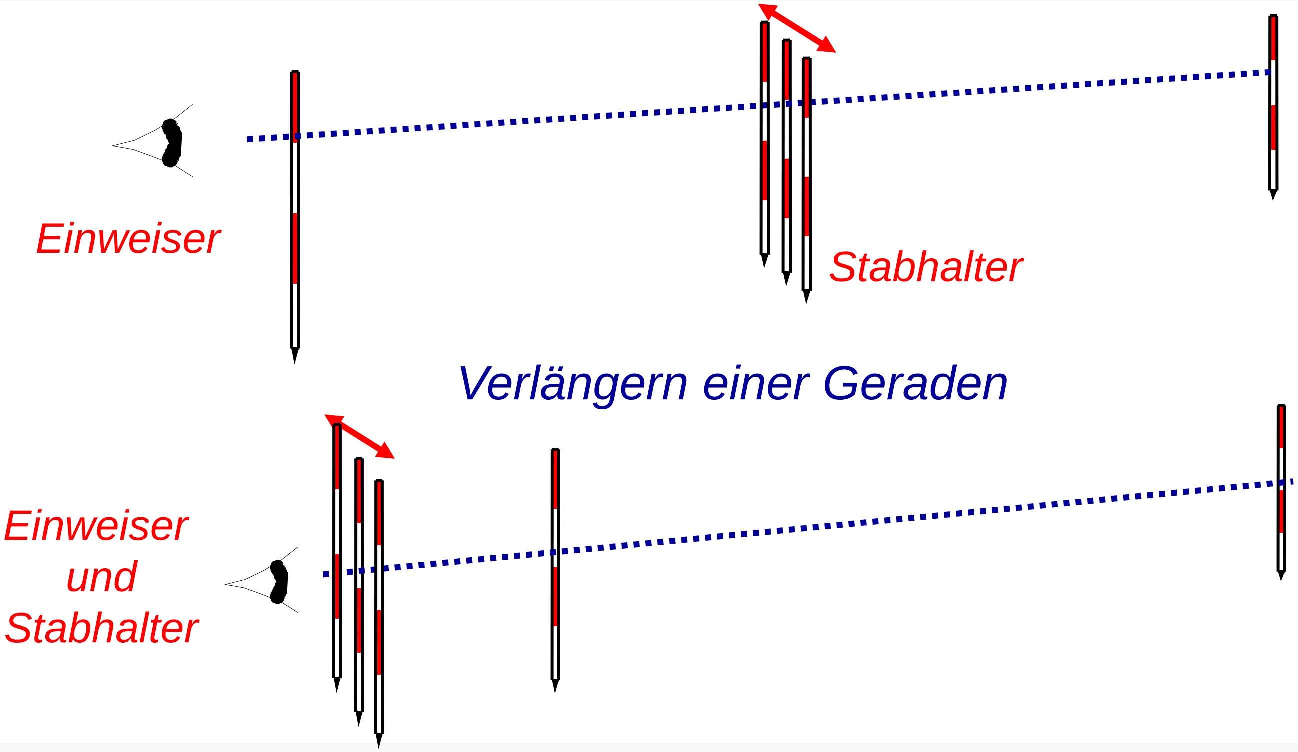
Vorübergehende Markierungen kennzeichnen einen Punkt für die Dauer eines Messvorganges, d.h. in der Regel für einige Stunden oder einen Tag.





Einfluchten von Punkten einer Geraden

Das Einfluchten von Punkten in eine Gerade ist eine grundsätzliche vermessungstechnische Aufgabe.

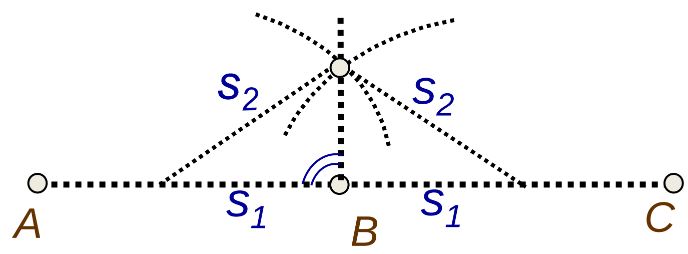


Der Einsatz eines Fernrohrs ist sinnvoll, wenn lange Geraden abgesteckt werden sollen oder bei kurzen Strecken höhere Genauigkeiten verlangt werden.

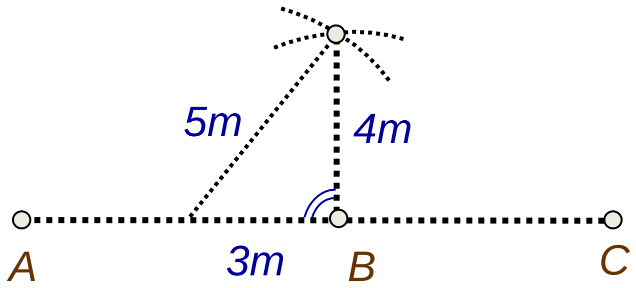
Absetzen des rechten Winkels

Der rechte Winkel spielt in der Praxis eine ganz besondere Rolle und kann je nach der gewünschten Genauigkeit mit verschiedenen Instrumenten realisiert werden.

Mit einem Messband (Bogenschlag)



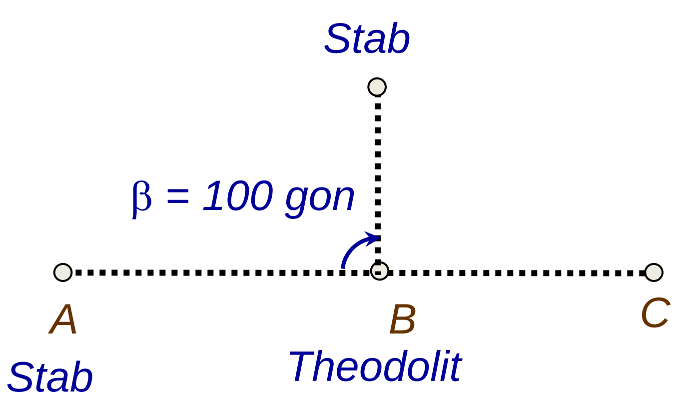
Mit einem Messband (3-4-5-Methode)



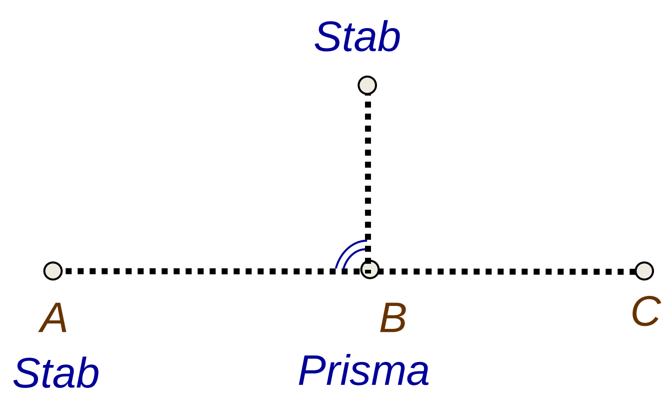
Absetzen des rechten Winkels

Der rechte Winkel spielt in der Praxis eine ganz besondere Rolle und kann je nach der gewünschten Genauigkeit mit verschiedenen Instrumenten realisiert werden.

Mit einem Theodolit

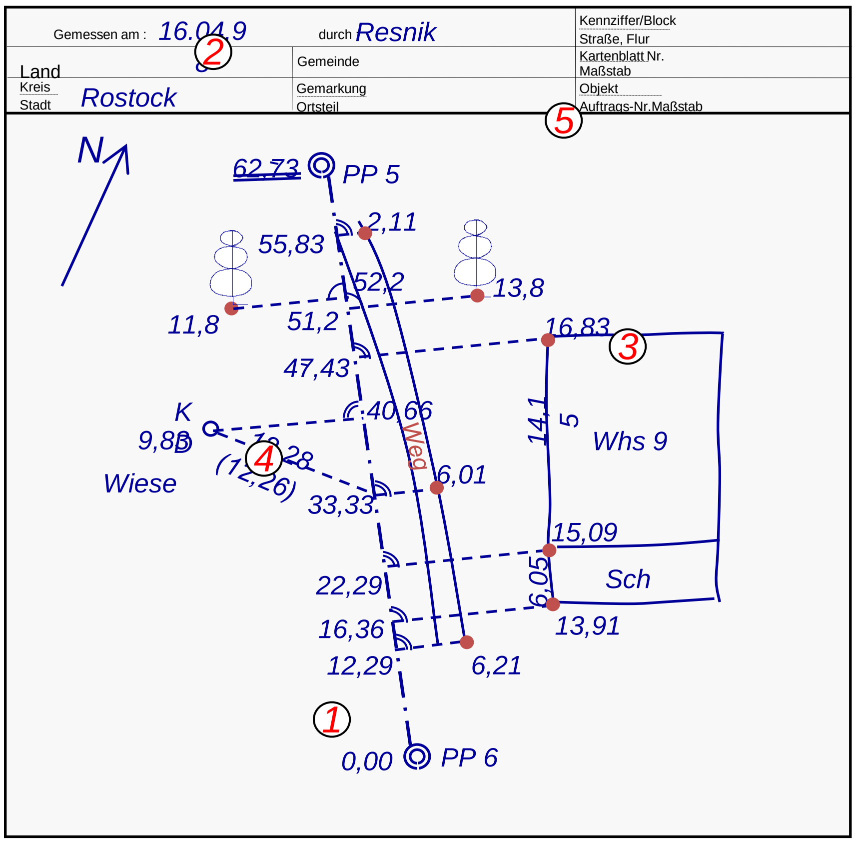


Mit einem Doppelprisma



Führen von Feldskizzen

Beim Orthogonal- und Einbindeverfahren werden die Maßzahlen nach vorgegebenen Regeln in die Feldskizzen eingetragen.



1 Anfang der Messungslinie

2 Endmaß der Messungslinie

3 Gebäudeeinmessung

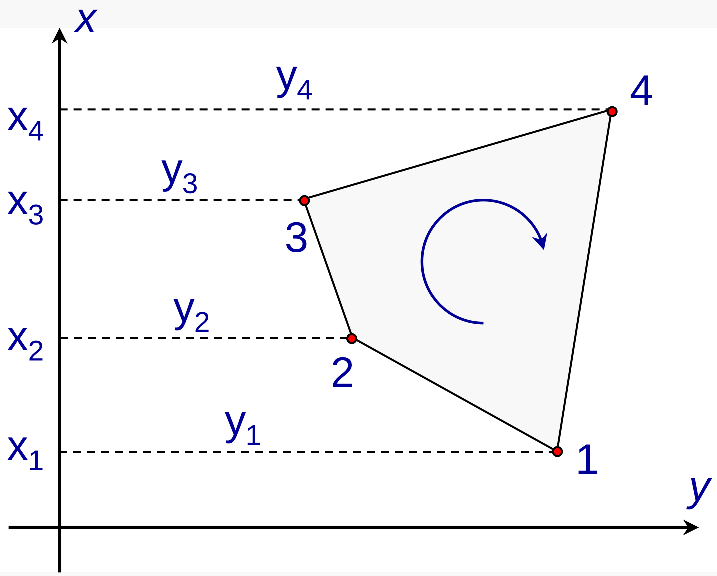
4 Strebe zur Verprobung des rechten Winkels

5 Einmessung eines topographischen Gegenstandes

Flächenberechnung aus Koordinaten

Liegen für die zu berechnenden Flächen in den Eckpunkten jeweils Koordinaten vor, so ergibt sich der Flächeninhalt nach der Gaußschen Trapezformel

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

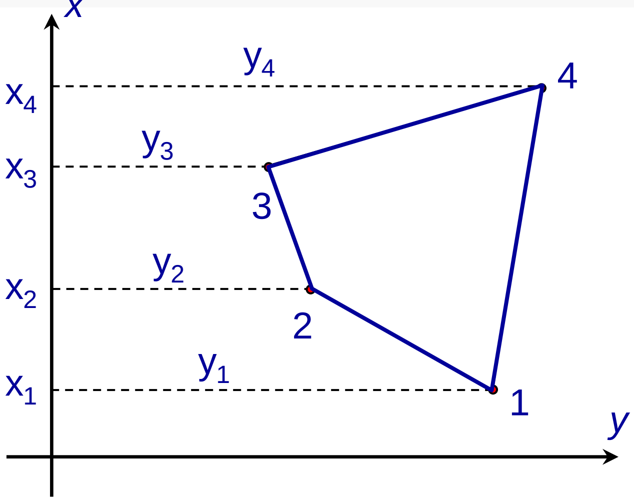


$$\begin{aligned} 2F = {} & (x_1 - x_2) \cdot (y_1 + y_2) + \\ & (x_2 - x_3) \cdot (y_2 + y_3) + \\ & (x_3 - x_4) \cdot (y_3 + y_4) + \\ & (x_4 - x_1) \cdot (y_4 + y_1) \end{aligned}$$

Bei der Berechnung ist es sehr wichtig, auf die richtige Durchnummerierung der Eckpunkte zu achten, um wirklich die gewünschte Fläche und keine sonstige Figur zu berechnen.

Gaußsche Dreiecksformel

Die $\boxed{\text{Gaußsche Dreiecksformel}}$ kann aus der Trapezformel abgeleitet werden und liefert somit die gleichen Ergebnisse.



$$2F = \sum_{1}^{n} \left((x_i - x_{i+1}) \cdot (y_i + y_{i+1})\right)$$

$$\Downarrow$$

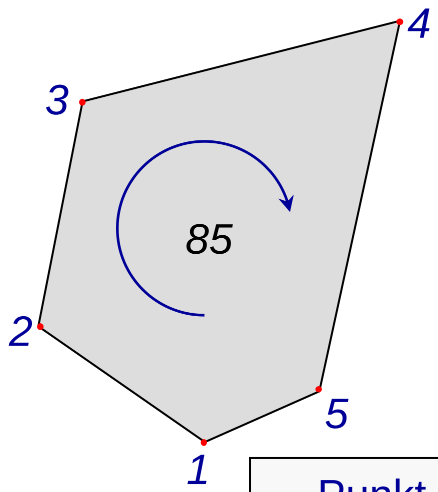
$$\boxed{2F = \sum_{1}^{n} x_i \cdot (y_{i+1} - y_{i-1})}$$

$$\begin{aligned} 2F = \; & (x_1 - x_2) \cdot (y_1 + y_2) + & = \; & \cancel{x_1 \cdot y_1} + x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y_1 - \cancel{x_2 \cdot y_2} + \\ & (x_2 - x_3) \cdot (y_2 + y_3) + & & \cancel{x_2 \cdot y_2} + x_2 \cdot y_3 - x_3 \cdot y_2 - \cancel{x_3 \cdot y_3} + \\ & (x_3 - x_4) \cdot (y_3 + y_4) + & & \cancel{x_3 \cdot y_3} + x_3 \cdot y_4 - x_4 \cdot y_3 - \cancel{x_4 \cdot y_4} + \\ & (x_4 - x_1) \cdot (y_4 + y_1) & & \cancel{x_4 \cdot y_4} + x_4 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_4 - \cancel{x_1 \cdot y_1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} = \; & x_1 \cdot y_2 - x_2 \cdot y_1 + \\ & x_2 \cdot y_3 - x_3 \cdot y_2 + \\ & x_3 \cdot y_4 - x_4 \cdot y_3 + \\ & x_4 \cdot y_1 - x_1 \cdot y_4 \end{aligned}$$

$$2F = x_1 \cdot (y_2 - y_4) + x_2 \cdot (y_3 - y_1) + x_3 \cdot (y_4 - y_2) + x_4 \cdot (y_1 - y_3)$$

Flächenberechnung aus Koordinaten



Gegeben:

Punkt	y(m)	x(m)
1	0,00	0,00
2	*-17,62*	*12,53*
3	*-14,37*	*34,20*
4	*17,35*	*44,54*
5	*12,57*	*4,57*

Punkt	Formel	**Fläche (m²)**
1	$(x_1 - x_2)(y_1 + y_2)$	220,78
2	$(x_2 - x_3)(y_2 + y_3)$	693,22
3	$(x_3 - x_4)(y_3 + y_4)$	-30,81
4	$(x_4 - x_5)(y_4 + y_5)$	1195,90
5	$(x_5 - x_1)(y_5 + y_1)$	57,44
	2F	2136,53
	Ergebnis	1068,27