

Paper-ID: VGI_191412



Beitrag zur Messung der Längen der Polygonseiten

F. Köhler

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **12** (7), S. 129–140

1914

Bib_TEX:

```
@ARTICLE{Koehler_VGI_191412,  
Title = {Beitrag zur Messung der L{"a}ngen der Polygonseiten},  
Author = {K{"o}hler, F.},  
Journal = {"0sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
Pages = {129--140},  
Number = {7},  
Year = {1914},  
Volume = {12}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

ORGAN

DES

VEREINES DER ÖSTERR. K. K. VERMESSUNGSBEAMTEN.

Redaktion: Hofrat Prof. E. Doležal und Bauinspektor S. Wellisch.

Nr. 7.

Wien, 1. Juli 1914.

XII. Jahrgang.

Beitrag zur Messung der Längen der Polygonseiten.

Von Dr. F. Köhler.

I.

Eine bequeme und genaue Methode zur Längenmessung der Polygonseiten zu finden, ist ein lang ersehntes Ziel eines jeden Geodäten.

Was nützt dem Beobachter das mühsame Messen der Brechungswinkel, wenn die Seiten mit den jetzt bestehenden Hilfsmitteln und Methoden eine den Winkeln entsprechende Genauigkeit nicht erhalten können.

Viele Geodäten haben sich mit diesem Problem beschäftigt und vielen ist es gelungen, Verbesserungen an den Messungsvorrichtungen zu ersinnen, die die Genauigkeit der Längenmessungen bedeutend erhöht haben. Bis jetzt ist es aber nicht gelungen, das Problem dem Stande der Neuzeit entsprechend zu lösen.

In nachfolgenden Zeilen soll den sehr geehrten Lesern eine Vorrichtung und ein Vorgang mitgeteilt werden, mit dem man gute Resultate bekommen kann, wenn die Polygonseiten im ebenen Terrain liegen, also in Straßen, Gassen und ebenen Feldwegen sich bewegen.

Die Messung geschieht mit einem Stahlmeßbande, welches durch besonders konstruierte Spannvorrichtungen konstant gespannt wird, wobei der stabile Stand auf den Ablesevorrichtungen abgelesen wird.

Um das Meßband während der Ableseung konstant zu spannen, sind Spannvorrichtungen konstruiert worden, die das Meßband während der Ableseung an beiden Enden in konstanter Spannung erhalten. Um die genaue Ableseung des Stahlmeßbandes zu vollziehen, sind Ablesevorrichtungen konstruiert worden, die die Länge der Polygonseite möglichst genau geben.

Es sei mir gestattet, die Spann- und Ablesevorrichtungen sowie auch den ganzen Vorgang bei der Längenmessung zu beschreiben.

II.

Beschreibung der Vorrichtungen.

Die Spannvorrichtungen. Die eine Spannvorrichtung besteht aus einer Eisenplatte, welche mit drei spitzigen Füßen versehen ist, mit denen sie in den Erdboden eingedrückt und so in fester Lage gehalten werden kann.

Auf der Platte ist ein um eine horizontale Achse drehbarer Hebel angebracht, der in einer Entfernung von 1 dm von der Achse zwei horizontale Vorsprünge besitzt, auf welche eine mit mehreren Einschnitten versehene Gabel eingesetzt werden kann. (Fig. 1.)

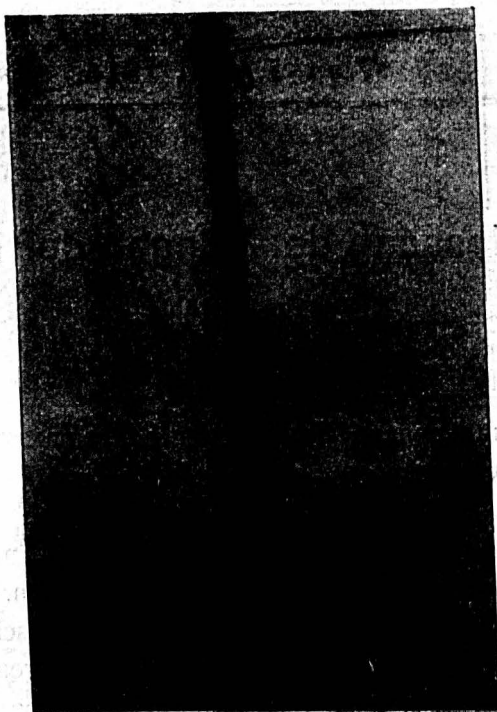


Fig. 1.

Die Gabel hat an einem Ende einen Haken zum Aufhängen des Meßbandes und auf dem anderen Ende einen Griff, um dieselbe bequem mit der Hand erfassen und im beliebigen Einschnitt einsetzen zu können.

Wird an dem Haken der Gabel ein Zug ausgeübt, so stellt sich der Hebel in vertikale Lage auf und bleibt in dieser Lage stehen, da er sich mit der hinteren Fläche auf einen Ansatz in der Platte stützt.

Der Gehilfe braucht also nur durch Auftreten auf die Platte diese in der festen Lage zu halten.

Die zweite Spannvorrichtung besteht ebenfalls aus einer Platte mit drei spitzigen Füßen, auf der sich ein Lineal zwischen zwei Führungsleisten verschieben läßt und in jeder Lage durch eine Klemmschraube festgestellt werden kann.

Dieses Lineal trägt ebenfalls eine horizontale Achse, um welche sich ein

ähnlicher Hebel drehen kann, der einen Haken trägt, auf dem das Dynamometer mit dem Meßbande eingehängt werden kann.

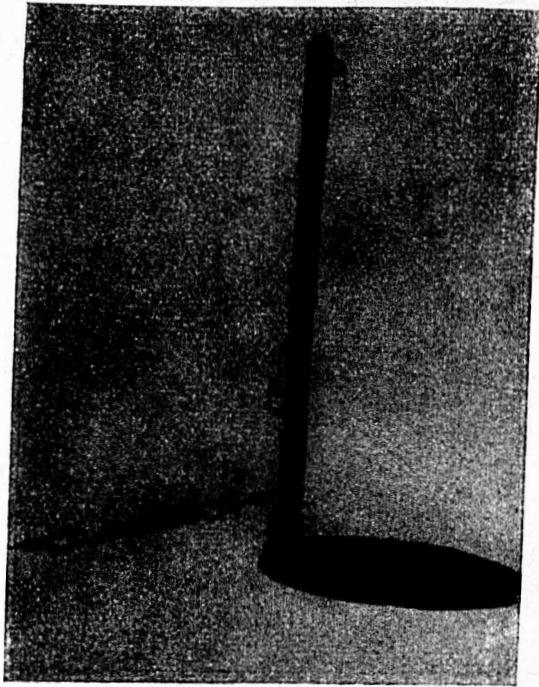


Fig. 2.

Das Stahlmeßband wird in die Haken der beiden Spannvorrichtungen eingehängt, in die Richtung der Polygonseite eingestellt und mit einem bestimmten Zuge, der sich an dem eingehängten Dynamometer einstellen läßt, gespannt. (Fig. 4.)

Das Meßband ist in einer Messingkapsel aufgerollt und mit einer Sperrvorrichtung versehen, die das Band in jeder beliebigen Lage festzuhalten gestattet. Diese Einrichtung ist deshalb so getroffen, damit man das Band jeder beliebigen Strecke anpassen kann.

Die Ablesevorrichtungen. Zur Einstellung über die Polygon- und Zwischenpunkte und zur Ablesung am Meßbande werden die Ablesevorrichtungen mit den Ablesekalen verwendet.

Diese bestehen aus zwei Ringen, die sich ineinander drehen lassen und von denen der innere mit einer Klemmschraube in jeder Lage eingestellt werden kann. Der äußere Ring hat drei spitzige Füße zum Einsetzen in den Erdboden. Auf dem inneren Ringe ist eine quadratische Platte montiert, welche in der Mitte zum Durchstecken des Stiftes durchbrochen ist und welche zwei Führungsleisten besitzt, zwischen denen sich die oben befindliche Platte verschieben und in jeder beliebigen Lage durch die Klemmschraube einstellen läßt. Senkrecht auf diese Richtung läßt sich ein in Millimeter geteiltes Lineal in den Führungsleisten der oberen Platte verschieben und in jeder Lage mit der Klemmschraube einstellen.

Die Teilung des Lineals ist so ausgeführt, daß der Nullpunkt sich in der Mitte befindet und die Bezifferung nach beiden Richtungen ausgeführt ist. In

dem Nullpunkte befindet sich eine feine Öffnung, durch welche ein Stift durchgesteckt werden kann, der während der Messung auf die Marke des Polygonpunktes eingestellt wird.

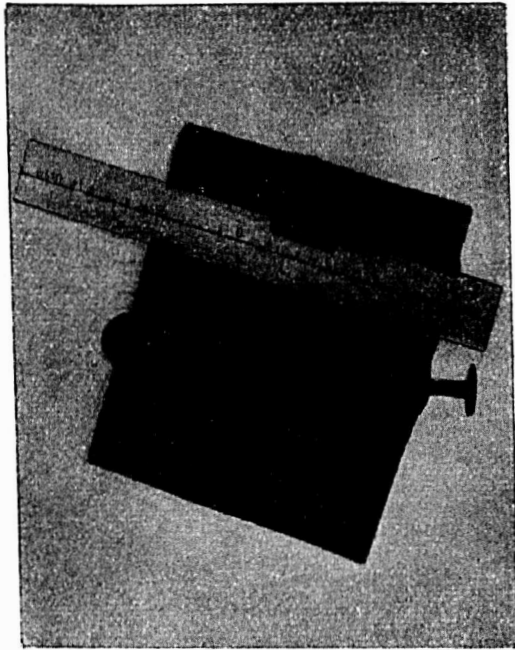


Fig. 3.

Durch diesen Stift wird der Nullpunkt der Skala am Lineal vertikal über den Polygonpunkt gebracht und es kann die Länge der Polygonseite bestimmt werden.

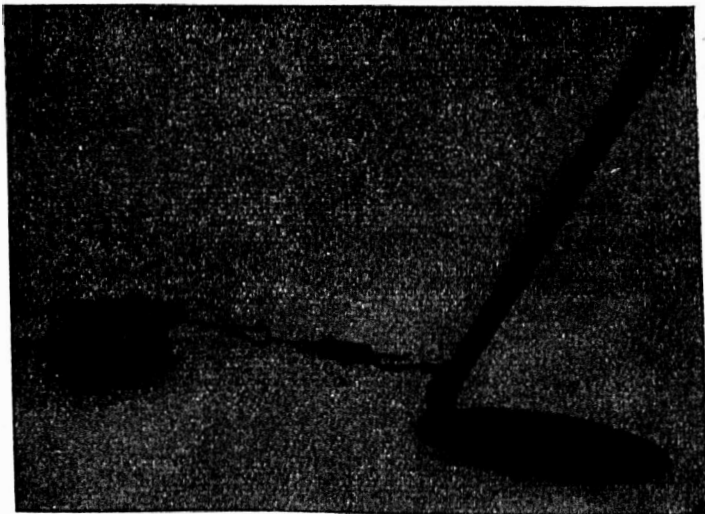


Fig. 4.

Für tiefer liegende Polygonpunkte wird ein niedriges Zentrierstativ benützt, welches am Stativkopfe eine verschiebbare Platte mit Schraubengewinde trägt,

welche sich mit dem Stativkopfe durch Unterlagsplatte und Schraubenmutter fest verbinden lassen. Unten hat die Gewindespindel eine achsiale und eine senkrechte Öffnung, durch welche die Senkelschnur durchgesteckt werden kann.

Die Spitze des Senkels wird durch Verschiebung der Platte auf dem Stativkopfe über den Polygonpunkt eingerichtet und darauf hinaufgezogen und unter die Spitze der Nullpunkt der Ableseskala eingerichtet.

Solche Zentrierstative werden zwei benützt, um die Messung schneller vornehmen zu können.

III.

Vorgang bei der Messung.

Bei der Stabilisierung der Punkte mit Gasröhren oder Eisenbolzen mit eingesetzter Zentrierplatte werden die Ablesevorrichtungen über die Punkte zentrisch gestellt, und zwar so, daß der im Nullpunkte der Skala eingesetzte Stift auf die Marke durch Verschieben der oberen Platte und des Lineals so eingestellt wird, daß sich das Lineal in der Richtung der Seite befindet.

Die zweite Ablesevorrichtung wird genau in die Richtung der Seite eingerichtet, und zwar mit Hilfe des in der Bohrung des Lineals eingesteckten Stiftes, und zwar auf die Entfernung des Meßbandes. Die Skala wird in die Richtung der Seite eingestellt und es kann mit der Messung begonnen werden.

Vor und hinter die Ablesevorrichtungen werden Spannvorrichtungen aufgestellt, das Meßband vom Rahmen abgewickelt und in die Haken der Gabel und des Dynamometers eingehängt. Auf das Kommando des Beobachters richten die die Spannvorrichtungen bedienenden Gehilfen das Meßband in die Richtung der beiden Skalen ein und auf Kommando des Protokollführers «Zug» spannen sie das Band auf den entsprechenden Zug (10 kg), wobei der am Dynamometer stehende Gehilfe den Hebel ruhig halten muß.

Der zweite Gehilfe steht mit den Füßen auf der Spannvorrichtung, wobei der Hebel seiner Spannvorrichtung in vertikaler Lage ist, da er sich an den Ansatz anlehnt und so in fester Lage während der ganzen Messung verbleibt.

Auf den Ruf des vorderen Gehilfen «gut», d. h. daß das Band auf 10 kg gespannt und ruhig ist, lesen die beiden Beobachter den Stand der Meßbandteilung an den Skalen ab, und zwar zuerst der rückwärtige Beobachter (Hintermann) und nachher der vordere Beobachter (Vordermann).

Die Art der Ablesung ist folgende:

Nach dem Rufe des vorderen Gehilfen «gut» liest zuerst der Hintermann die Stellung des «äußeren» Dezimeters des Bandes und sofort der Vordermann ebenfalls die Stellung des «äußeren» Dezimeters des Bandes an der Skala ab; darauf liest der Hintermann die Stellung des «inneren» Dezimeters des Bandes und sofort der Vordermann die Stellung des «inneren» Dezimeters des Bandes an der Skala ab.

Alle Werte werden vom dritten Beobachter, dem Protokollführer, in ein geeignetes Protokoll eingetragen.

Datum: 1913, 12. VI.
 Polygonsseite: 10—11.

Beobachter: v. Hübner
 r. Hagen

Längen-

Lage	Ableseung			Kontrolle $r(a-i) + v(a-i)$ in mm	Differenz $r(\mathcal{F}+i) - v(A+a)$ in m	Ableseung an der Nivellierskala		Höhen- unter- schied mm
	auf. inn.	rückwärts	vorwärts			r mm	v mm	
10—11	a.	20·277	0 740	77 40	19 383	206·5	183·5	23
	i.	20·123 19·383	0·860 19·417 - 34 <u>19·383</u>	-23 -60 <u>+54 -20</u> +34				
10—11	a.	20·120	0·697	20 97	19·383			
	i.	20·080 19·383	0·703 19·417 - 34 <u>19·383</u>	-80 - 3 <u>-60 +94</u> +34				
10—11	a.	20·268	0·748	68 48	19·384			
	i.	20·132 19 384	0·852 19·416 -32 <u>19 384</u>	-32 -52 <u>+36 - 4</u> +32				
						ar. Mittel 19 3833		
11—10	a.	20·111	0·705	11 05	19·384			
	i.	20·089 19·384	0·895 19·216 +168 <u>19·384</u>	-89 -95 <u>-78 -90</u> -168				
11—10	a.	20·256	0·760	56 60	19·384			
	i.	20·144 19·384	0·840 19 416 -32 <u>19·384</u>	-44 -40 <u>+12 +20</u> +32				
11—10	a.	20·110	0·705	10 05	19·385			
	i.	20·090 19·385	0·895 19·215 - 170 <u>10·385</u>	-90 -95 <u>-80 -90</u> 170				
						ar. Mittel 19·3843		

messungsprotokoll.

Protokoll A.

Gemessener Höhenwinkel		Temperatur C°	Bemerkung	Korrektion in mm wegen:				Summe aller Korrekturen in mm	Horizontale Länge in m	Gesamte horizontale Länge in m
°	'			Etalonnierung	Dehnung u. Durchbiegung	Temperatur	ungleicher Höhe			
		18.5	Anfang 3h 25 ^u	+0.5	+0.2	+0.3	+0.0	+1.0		
									19.3843	
									19.3853	19.3845

Datum: 1913, 6. VI.
 Polygonseite: 23—24.

Beobachter: v. Robert
 r. Habicht

Längen-

Lage	Ablesung		Kontrolle $r(a-i) + v(a-i)$ in mm	Differenz $r(f+i) - v(A+a)$ in m	Ablesung an der Nivellierskala		Höhen- unter- schied mm	
	auß. inn.	rückwärts			vorwärts	r mm		v mm
23-a	a.	25·416	0·338			278·5	259·0	19·5
	i.	25·384 25·046	0·462 24·954 +92 25·046	16 38 -84 -62 -68 -24 -92	25·046			
23-a	a.	25·402	0·354			342	201	141
	i.	25·398 25·044	0·446 24·956 +88 25·044	02 54 -98 -46 -96 +8 -88	25·044			
23-a	a.	25·537	0·418			342	201	141
	i.	25·463 25·045	0·582 24·955 +90 25·045	37 18 63 82 -26 -64 -90	25·045			
	a.				ar. Mittel 25·045			
a-b	a.	24·881	0·650			342	201	141
	i.	24·719 24·069	0·750 24·131 -62 24·069	81 50 -19 -50 +62 0 +62	24·069			
a-b	a.	24·737	0·595			342	201	141
	i.	24·663 24·068	0·605 24·132 -64 24·068	37 95 63 -05 -26 +90 +64	24·068			
a-b	a.	24·880	0·652			342	201	141
	i.	22·720 24·068	0·748 24·132 -64 24·068	80 52 -20 -48 +60 +4 +64	24·068			
	a.				ar. Mittel 24·683			
b-24	a.	22·350	0·320			188	43	145
	i.	22·250 21·930	0·480 21·870 +60 21·930	50 20 -50 -80 0 60 60	21·930			
b-24	a.	22·352	0·318			188	43	145
	i.	22·248 21·930	0·482 21·870 +60 21·930	52 18 -48 -82 +4 -64 -60	21·930			
b-24	a.	22·492	0·378			188	43	145
	i.	22·308 21·930	0·422 22·070 -140 21·930	92 78 -08 -22 +84 +56 +140	21·930			
	a.				ar. Mittel 21·930			

messungsprotokoll.

Gemessener Höhenwinkel			Temperatur C°	Bemerkung	Korektion in <i>mm</i> wegen:				Summe aller Korrekturen in <i>mm</i>	Horizontale Länge in <i>m</i>	Gesamte horizontale Länge in <i>m</i>
0	.	'			Etalonnierung	Dehnung u. Durchbiegung	Temperatur	ungleicher Höhe			
			20°	Anfang 2h 16 ^u							
					+0.7	+0.3	+1.1	20.0	+2.1	25.0471	
			20.5								
					+0.6	+0.3	+1.1	+0.4	+1.6	24.0699	
			20.0								
					+0.6	+0.2	+0.9	-0.5	+2.1 +1.1	21.9311	
										71.0480	

Darauf läßt der Vordergehilfe den Hebel nach, der Hintergehilfe hängt die Gabel aus und hängt sie in den zweiten Einschnitt ein; der Vordergehilfe verschiebt die obere Platte mit dem Hebel samt Dynamometer und Meßband in den Führungsleisten der unteren Platte und befestigt sie mit der Klemmschraube.

Darauf wird das Meßband wieder auf den bestimmten Zug von 10 kg gespannt und nach Beruhigung des Meßbandes und nach dem Ruf des Vordermannes «gut» lesen wieder die beiden Beobachter die Stellung der Meßbandstriche an den Skalen in der früher angegebenen Reihenfolge ab.

Dies wiederholt sich dreimal, um etwaige Schätzungsfehler zu eliminieren und die Genauigkeit der Schätzung zu erhöhen.

Der Protokollführer bildet an Ort und Stelle die Differenzen der korrespondierenden Ablesungen und kontrolliert die Richtigkeit der Ablesung und die Ruhe des Bandes während der Messung. Ist die Differenz größer als 2 mm, so läßt er noch so viele Ablesungen machen, bis man drei Ablesungen erhält, deren Differenz kleiner ist als 2 mm.

Die Entfernung l der beiden Polygonpunkte 10—11 aus den abgelesenen Daten wird folgendermaßen bestimmt:

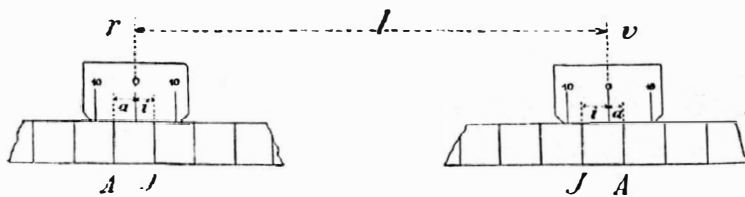


Fig. 5.

Erstens aus der Differenz der «inneren» Rückwärtsablesung und der «äußeren» Vorwärtsablesung:

$$l' = r \mathcal{F} + r \cdot i - (v A + v \cdot a) = r(\mathcal{F} + i) - v(A + a)$$

Zweitens aus der Differenz der «äußeren» Rückwärtsablesung und der «inneren» Vorwärtsablesung:

$$r(A + a) - v(\mathcal{F} + i)$$

minus der Summe der rückwärtigen Skalenablesung:

$$\text{«außen» minus «innen» } r(a - i)$$

und der vorderen Skalenablesung:

$$\text{«außen» minus «innen» } v(a - i),$$

also

$$l'' = r(A + a) - v(\mathcal{F} + i) - [r(a - i) + v(a - i)].$$

Die beiden Berechnungen l' , l'' , l müssen übereinstimmen.

Bei dieser Art der Ablesung haben wir noch folgende Kontrollen während der Messung, sodaß ein eventuell bei der Messung eingeschlichener grober Ablesefehler sofort eruiert wird. Diese Kontrollen sind:

Die Summe der rückwärtigen und vorderen Skalenablesungen muß gleich 100 sein:

$$r(a + i) = 100$$

$$v(a + i) = 100$$

Wenn die auf diese Weise ermittelten Kontrollen stimmen, so können wir sicher sein, daß kein grober Ablesefehler in der Messung enthalten ist. Diese Kontrolle wird sofort im Felde während der Messung gemacht.

Für unser im Protokolle ausgeführtes Beispiel würde sich die Ausführung der Kontrollen und die Berechnung folgendermaßen gestalten:

Kontrolle sofort nach der Aufschreibung ausgeführt:

$ra = 77$	$va = 40$
$ri = 23$	$vi = 60$
<hr/> $r(a+i) = 100$	<hr/> $v(a+i) = 100$
$r = \text{rückwärts}$	$v = \text{vorwärts}$
$A+a = 20.277$	$A+a = 0.740$
$\mathcal{F}+i = 20.123$	$\mathcal{F}+i = 0.860$

$l' = r(\mathcal{F}+i) - v(A+a) = 19.383$	$r(A+a) - v(\mathcal{F}+i) = 19.417$
(Erste Berechnung)	$- [r(a-i) + v(a-i)] = -0.034$
<hr/> $l' = 19.383$	

$ra = 77$	$va = 40$
$-ri = -23$	$-vi = -60$
<hr/> $r(a-i) = +54$	<hr/> $v(a-i) = -20$
$+54 + (-20) = +34$	

Also die Kontrolle stimmt. Die Figur 6 stellt eine solche Einstellung und Ablesung dar.

In der Figur 6 sind die Ablesungen:

rückwärts außen 27.187	vorwärts außen 0.102
" innen 27.013	" innen 0.298
$l' = 26.911$	

Kontrolle: 26.899	87	02	- 96
+ 22	- 13	- 98	+ 74
<hr/>			
$l'' = 26.911$	+ 74	- 96	- 23

Die beiden Berechnungen l' und l'' sind also gleich und es kann angenommen werden, daß kein grober Fehler in der Messung und Berechnung steckt.

Stimmen die gemachten Ablesungen, so gibt der Protokollführer das durch den Ruf 'gut' zum Ausdruck und die Messung der Lage ist damit beendet.

Das in der Mitte auf einem Fluchtstabe aufgehängte Thermometer wird abgelesen und eingetragen.

Auf das Kommando des Protokollführers 'fertig' erfassen die beiden Beobachter das Meßband an den Endringen und begeben sich in die nächste Lage. Der vordere Gehilfe nimmt die Spannvorrichtung, der hintere Gehilfe die Spann- und Ablesevorrichtung und beide begeben sich in die nächste Lage.

Die vordere Ablesevorrichtung bleibt an Ort und Stelle.

Die Gehilfen stellen die Spannvorrichtungen in entsprechender Lage auf, das

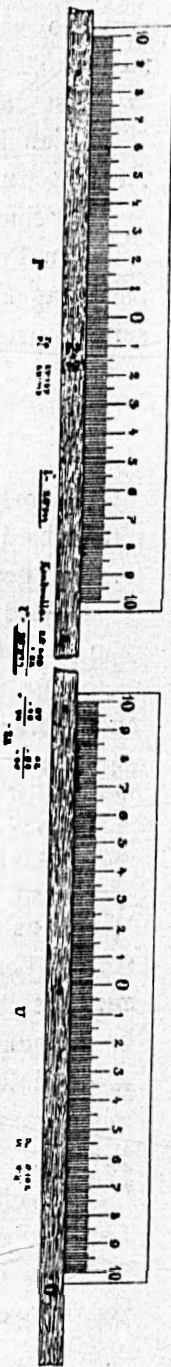


Fig. 6.

Band wird von den Beobachtern in die Haken der Spannvorrichtungen eingehängt, worauf der vordere Beobachter die Ablesevorrichtung von rückwärts holt und sie, vom Hintermann einvisiert, in die Richtung der Polygonseite aufstellt.

Der Protokollführer überträgt das Thermometer in die nächste Lage. Das Band wird gespannt und der ganze Vorgang wiederholt.

So wird fortgesetzt, bis man zum Endpunkte der Polygonseite gekommen ist.

Ist die Polygonseite kürzer als 30 m, so wird sie auf einmal erledigt.

Man könnte die Polygonseite dann zurückmessen, um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen; dies ist aber nicht nötig, da die Messungen in den geduldeten Fehlergrenzen immer bleiben.

Im Protokoll *A* ist eine Lage einer kurzen Polygonseite 11—12 vollkommen eingetragen, kontrolliert und berechnet; im Protokoll *B* ist eine längere Polygonseite vollständig eingetragen und berechnet.

IV.

Reduktion der gemessenen Länge.

Zur Reduktion der gemessenen Länge ist bei ebenem Boden der Höhenunterschied der beiden Polygonpunkte bekannt und so kann die horizontale Entfernung bestimmt werden.

Wird auch die Temperaturkorrektur berechnet und eingeführt, so erhält man die horizontale Entfernung der beiden Polygonpunkte.

Die im Protokolle angeführten Reduktionen wegen Etalonierung und Spannung, brauchen bei der Messung der Polygonseiten nicht berücksichtigt zu werden, da sie sehr klein sind und in den geduldeten Fehlergrenzen bleiben.

V.

Genauigkeit der beschriebenen Methode.

Aus den zahlreichen Versuchs- und Vergleichsmessungen, die nur provisorisch berechnet sind,*) da noch einige Reihen während verschiedener Perioden zur Ausführung kommen und aus den zahlreichen Messungen der Hörer der k. k. montanistischen Hochschule in Pöbbram geht hervor, daß der mittlere Fehler einer einfachen Messung $\pm 0.25 \text{ mm}$, bzw. $\pm 0.16 \text{ mm}$, der mittlere Fehler einer Doppelmessung $\pm 0.18 \text{ mm}$, bzw. $\pm 0.12 \text{ mm}$ für 1 m der Längenmessung beträgt.

Wenn auch aus diesen noch nicht abgeschlossenen Versuchsmessungen kein endgültiges Urteil über die erreichbare Genauigkeit bei dieser Art der Messung gefällt werden kann, so muß sie doch als eine für praktische Messungen gut verwendbare bezeichnet werden.

*) Die zahlreichen und genauen Versuchsmessungen sowie solche Messungen aus der Praxis werden in einer der nächsten Nummern veröffentlicht.