

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

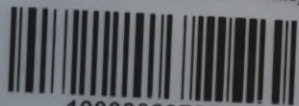
L. inw. ....

2825

Anweisung  
zur  
Führung des Feldbuches  
von  
Ernst Ziegler



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297553









# Anweisung

zur

# Führung des Feldbuches

nebst kurzgefaßten Regeln für den Felddienst  
beim

**Feldmessen, Winkelmessen, Kurvenabstecken,  
Nivellieren, Peilen und Tachymetrieren**

sowie einer Anleitung

zum Gebrauch, zur Prüfung und Berichtigung der erforderlichen  
**Feldmeßinstrumente**

für die

Feldmeßübungen an technischen Lehranstalten  
und zum Gebrauch für

Behörden und praktisch tätige Techniker

bearbeitet von

**Ernst Ziegler**

Preußischer Landmesser und Kulturingenieur  
Oberlehrer am Technikum zu Bremen

Mit 122 Text-Abbildungen, sowie einem Anhang mit Tabellen, Musterbeispielen,  
Feldbuch und 6 Tafeln gebräuchlicher Signaturen



*/ Jun. Nr. 27390*

HANNOVER

Verlag von Gebrüder Jänecke

1905

xxx  
486

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

Alle Rechte, namentlich das der Uebersetzung, vorbehalten.

112825

Hofbuchdruckerei Gebrüder Jänecke, Hannover.

Akc. Nr. 2343 / 29



# Vorwort.

Der Landmesser von Beruf weiß den Wert einer geordneten, übersichtlichen Feldbuchführung wohl zu schätzen, kommt er doch zu häufig in die Lage, Messungsergebnisse weit zurückliegender Zeiten verwenden zu müssen. Sei es, um verdunkelte Grenzpunkte wieder aufzusuchen, sei es, um Karten und Geländedarstellungen anzufertigen, die als Grundlage für weitere technische Arbeiten dienen sollen.

Lernete ich während einer langjährigen Tätigkeit in den verschiedenen Zweigen des Vermessungswesens die Vorzüge einer übersichtlichen Feldbuchführung kennen, so konnte ich in einer nun mehrjährigen Lehrtätigkeit am hiesigen Technikum erfahren, welche Schwierigkeiten sich dem Schüler und angehenden Techniker bei der Ausführung der ersten Vermessungen und bei deren übersichtlicher Darstellung entgegenstellen. Ist der Schüler im Unterricht auch noch so gut vorbereitet, und scheinen ihm die Arbeiten manchmal leichter als sie sind, so steht er im Felde vielfach ratlos da. Er hat eben bei den Aufnahmen soviel zu beachten, und soviel äußere Eindrücke wirken gleichzeitig auf ihn ein, daß das eine oder das andere des Gehörten ihm dann nicht mehr gegenwärtig ist, wenn er es anwenden soll.

In solchen Fällen ihm zur Seite zu stehen, soll der Zweck dieses Werkes sein.

Im Sinne einer Anweisung verfaßt — nicht als ein Lehrbuch der Geodäsie —, soll es ihn in den Stand setzen, sich das Wesentliche ins Gedächtnis zurückzurufen, was im Unterricht eingehend erklärt wurde; nicht minder wird es aber auch dem in der praktischen Tätigkeit stehenden Techniker, der sich nur zeitweise mit feldmesserischen Arbeiten befaßt, vielfach ein willkommener Wegweiser sein.

Um das Werk während des Unterrichts im Felde direkt zur Eintragung der Messungsergebnisse verwenden zu können, ist es derart in zwei Teilen gebunden, daß der zum Feldbuch bestimmte Teil als Anhang des Hauptteils erscheint.

Der Hauptteil enthält neben einer Anweisung über das, was bei den Feldarbeiten in bezug auf Linien-, Flächen- und Winkelmessung sowie auf Geländeaufnahmen mit dem Nivellierinstrument bzw. dem Tachymeter zu beachten ist, eine eingehendere Anweisung über eine sachgemäße Behandlung, den

Gebrauch, die Prüfung und die Berichtigung der dazu notwendigen Meßgeräte.

Hierbei wurde im besonderen der Bauart der Instrumente Rechnung getragen, die sich in der Sammlung unseres Technikums befinden, was insofern ohne Bedenken geschehen konnte, als die Bauart gleicher Instrumente anderer Firmen im allgemeinen nur unwesentlich davon abweicht, sogar im Grundgedanken fast überall dieselbe ist.

Der Anhang enthält, neben dem Felddbuch für die Felddienstübungen, ausgeführte Musterbeispiele, bezogen auf die Erläuterungen des Hauptteils. Ferner fünf Tafeln der gebräuchlichsten Signaturen, sowie einige Tabellen zur Absteckung von Kreiskurven und eine Tafel der natürlichen Zahlen der Trig. Funktionen.

Diese Anordnung wurde gewählt, damit der Schüler während der Felddienstübung in den ausgeführten Beispielen eine Richtschnur vor Augen hat, wie er die Messungsergebnisse ordentlich und übersichtlich verzeichnen kann. Dadurch wird auch dem Lehrer, der bei der gleichzeitigen Unterweisung mehrerer Schüler eine äußerst angestrengte Tätigkeit entwickeln muß, einige Erleichterung geboten werden.

Würde diese Absicht erreicht, so könnte ich mit Befriedigung auf meine Arbeit sehen.

Sollte das eine oder das andere den Beifall meiner verehrten Kollegen nicht finden, so bitte ich, mich durch Äußerung von besonderen Wünschen und durch gütige Belehrung unterstützen zu wollen, um es bei einer weiteren Auflage dieses Werkes berücksichtigen zu können.

Durch das Entgegenkommen der Leiter des Vermessungswesens von Berlin, Frankfurt, Hamburg und Stuttgart war ich in der Lage, die in diesen Städten üblichen Signaturen für tiefbautechnische Anlagen aufnehmen zu können, wofür ich diesen Herren meinen verbindlichsten Dank ausspreche.

Ebenso danke ich meinen Schülern der I. Tiefbauklasse S.-S. 1904 für die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Zeichnungen zu den Abbildungen, sowie den geodätischen Instrumentenfabriken für die Ueberlassung der Klischees zu den Textabbildungen der Instrumente.

Endlich verfehle ich nicht, die Verlagsbuchhandlung von Gebrüder Jänecke, Hannover, dankend zu erwähnen, welche sich die größte Mühe gegeben, das Bestmögliche in bezug auf Herstellung und Ausstattung des Werkes zu leisten.

Der Verfasser.



# Inhalts-Verzeichnis.

## I. Abschnitt.

### Linien- und Flächenmessung.

	Seite
Nötiges Personal und Geräte . . . . .	1
Behandlung der Meßgeräte . . . . .	1
Beschaffenheit der Längenmeßgeräte . . . . .	2
Meßlatten, Stahlband, Fluchtstäbe . . . . .	3
<b>Prüfung und Berichtigung der Meßgeräte.</b> . . . . .	<b>4</b>
1. Längenmeßgeräte . . . . .	5
2. Geräte zum Abstecken rechter Winkel . . . . .	5
(Winkelspiegel, Winkelprisma, Winkeltrommel, Kreuzscheibe, Winkelkreuz.)	
<b>Regeln für die Absteckung des Liniennetzes, der Linienmessung und der Führung des Feldbuches</b>	
1. Linienabsteckung . . . . .	10
2. Linienmessung . . . . .	13
3. Lage des Liniennetzes . . . . .	17
4. Führung des Feldbuchs . . . . .	18
5. Schreibweise der Messungszahlen. . . . .	20
6. Anwendung der Signaturen . . . . .	20
7. Fehlergrenze . . . . .	21

## II. Abschnitt.

### Winkelmessung.

<b>Personal und Geräte</b> . . . . .	<b>22</b>
A. Bestimmung des Brechungswinkels zweier Strecken ohne Winkelmeßinstrument durch Linienmessung und Rechnung	22
B. <b>Winkelmessung mit dem Theodolit.</b> . . . . .	<b>25</b>
1. Der einfache Theodolit . . . . .	25
2. Der Repetitionstheodolit . . . . .	25
Zweckmäßiges Verhältnis des Kreisdurchmessers zur Kreisteilung, Noniusangabe, Fernrohrvergrößerung und Libellenangabe . . . . .	25

	Seite
Behandlung des Theodolits . . . . .	26
Prüfung und Berichtigung des Theodolits . . . . .	26
a) Libelle fest verbunden mit der Alhidade oder dem Fernrohrträger . . . . .	29
b) Reitlibelle auf der wagerechten Achse zum Umsetzen	31
Einfluß der Achsenfehler auf die Winkelmessung . . . . .	32
<b>Regeln für den Gebrauch des Theodolits . . . . .</b>	<b>32</b>
<b>Messung eines Winkels und Führung des Winkelverzeichnisses . . . . .</b>	<b>33</b>
Abstecken eines Winkels zu einer gegebenen Richtung . . . . .	34
Winkelmessung mit einem Repetitionstheodolit . . . . .	34
C. Winkelmessung mit der Bussole . . . . .	36
1. Diopterbussole . . . . .	36
2. Fernrohrbussole . . . . .	36
Behandlung der Bussole . . . . .	37
Prüfung und Berichtigung . . . . .	37
Gebrauch der Bussole und Führung des Feldbuchs . . . . .	41
a) Messung der magnetischen Neigungen — Streichwinkel — der Strecken eines Linienzuges durch Vor- und Rückblick auf jedem Winkelpunkt . . . . .	42
b) Messung des Brechungswinkels zweier Strecken . . . . .	44
c) Messung der magnetischen Neigungswinkel — Streichwinkel — eines Zuges in Sprungständen . . . . .	44
d) Annähernde Bestimmung der mittleren Meßweisung — Deklination — der Magnetnadel . . . . .	45
e) Koordinaten-Berechnung der Vieleckspunkte . . . . .	47

### III. Abschnitt.

## Nivellieren.

Nötiges Personal und Geräte . . . . .	49
<b>Behandlung, Prüfung und Berichtigung der Instrumente . . . . .</b>	<b>49</b>
A. Einfaches Nivellierinstrument . . . . .	49
B. Nivellierinstrument für Fein- bzw. Festpunktnivellements . . . . .	49
C. Nivellierinstrument mit Kippschraube . . . . .	49
Allgemeines.	
Zweckmäßiges Verhältnis der Libellenempfindlichkeit zur Fernrohrvergrößerung . . . . .	50
Behandlung der Instrumente . . . . .	50
Aufstellung des Nivellierinstrumentes . . . . .	50
Prüfung der Libellenempfindlichkeit . . . . .	51



	Seite
Prüfung der Fernrohrvergrößerung . . . . .	53
Prüfung der Achsenstellung und Berichtigung	
Fernrohr fest verbunden mit dem Fernrohrträger . . . . .	53
Prüfung der Zielachse durch Gegenzielen . . . . .	54
Prüfung der Zielachse durch Zielen aus der Mitte . . . . .	57
Prüfung des Fernrohrauszugs . . . . .	55
Einfluß der Achsenfehler auf die Messung und Aufheben derselben . . . . .	58
Fernrohr und Libelle nicht mit dem Fernrohr- träger fest verbunden	
a) Fernrohr mit einer Reversionslibelle fest verbunden, in einem Lager drehbar . . . . .	58
b) Fernrohr und Libelle nicht miteinander fest verbunden, zum Umsetzen bzw. Umlegen auf dem Fernrohrträger	63
Fernrohr zum Kippen eingerichtet . . . . .	64
<b>Einteilung der Arbeit und Führung des Feldbuchs</b>	
1. Längenschnitte — Längenprofile . . . . .	66
2. Querschnitte — Querprofile . . . . .	69
a) Einwägen mit dem Nivellierinstrument . . . . .	69
b) Einwägen mit der Setzlatte . . . . .	72
3. Flächennivellement . . . . .	74
4. Festpunktnivellement . . . . .	77
a) Einwägen mit einspielender Libelle . . . . .	79
b) Einwägen mit Libellenausschlägen . . . . .	81
c) Einwägen mit doppelten Anbindungen . . . . .	83

#### IV. Abschnitt.

##### Peilen.

Allgemeines . . . . .	84
A. Direkte Längenmessung mit der Peilleine . . . . .	85
B. Indirekte Längenmessung . . . . .	87
C. Berechnung der Peilung . . . . .	87

#### V. Abschnitt.

##### Tachymetermessung (Schnellmessung).

A. Kreistachymeter . . . . .	88
1. Prüfung und Berichtigung der Achsenstellung . . . . .	88
2. Gebrauch des Tachymeters . . . . .	92

	Seite
3. Berechnung der Entfernungen und Höhen . . . . .	95
a) Direkte Rechnung . . . . .	96
b) Graphische Ermittlung mit einem Diagramm . . . . .	97
c) Mit dem Tachymeterschieber . . . . .	98
<b>B. Schiebetachymeter</b>	
<b>1. Latte senkrecht gegen die Ziellinie (Wagner-Fennel)</b> 100	
a) Prüfung und Berichtigung . . . . .	103
b) Gebrauch des Schiebetachymeters . . . . .	105
<b>2. Latte lotrecht auf dem Zielpunkt (Puller-Breithaupt)</b>	
a) für ausführliche Vorarbeiten	
$\alpha$ ) Einrichtung des Schnellmessers . . . . .	106
$\beta$ ) Prüfung und Berichtigung . . . . .	109
$\gamma$ ) Gebrauch des Schnellmessers . . . . .	112
$\delta$ ) Auftragen der Messung . . . . .	114
b) Schnellmesser Puller-Breithaupt für all- gemeine Vorarbeiten. Maßstab 1:2500	
$\alpha$ ) Einrichtung . . . . .	115
$\beta$ ) Prüfung und Berichtigung . . . . .	116
$\gamma$ ) Gebrauch des Schnellmessers . . . . .	118

## VI. Abschnitt.

### Kurvenabsteckung.

<b>A. Abstecken ohne Messung des Schnittwinkels</b>	
a) Direkte Absteckung von der Tangente aus . . . . .	119
b) Absteckung nach der Viertelsmethode . . . . .	120
<b>B. Absteckung nach Messung des Schnittwinkels</b>	
<b>1. Auf Grund rechtwinkliger Koordinaten</b>	
a) Mit gleichem Tangentenabschnitte . . . . .	122
b) Mit gleichen Bogenstücken . . . . .	123
c) Abstecken des Bogens von einer Hilfstangente aus . . . . .	125
d) Abstecken des Bogens von der Sehne aus . . . . .	126
<b>2. Allmähliche Entwicklung des Bogens durch         Winkelmessung</b>	
a) mit Sehnentangentenwinkel und Sehnen . . . . .	127
b) mittels Sehnen und Brechungswinkel . . . . .	129
<b>C. Indirekte Bestimmung des Schnittwinkels</b> . . . . .	134
<b>D. Korbbögen</b> . . . . .	135
<b>E. Übergangsbögen</b> . . . . .	142



## I. Abschnitt.

### Linien- und Flächenmessung.

#### Nötiges Personal und Geräte.

1 Vermessungstechniker, 2 bis 3 Meßgehilfen.

1 Stahlband (Abb. 1) mit 2 Richtstäben (Abb. 2) und 10 Zählstäbchen (Abb. 3), 1 Taschenstahlband (Abb. 4), 2 Meßlatten (Abb. 5), 6 bis 12 Fluchtstäbe (Abb. 6), 1 Horizontalmesser (Abb. 30), 1 Lattenrichter (Abb. 24 a), 2 Lote (Abb. 24 b und c), 1 Instrument zum Abstecken rechter Winkel — Winkelspiegel (Abb. 14) Winkelprisma (Abb. 17), Winkelkreuz (Abb. 20), Winkelkopf (Abb. 21), Kreuzscheibe (Abb. 22), 1 Tragkorb mit 50 bis 60 cm langen Pfählen, 1 Schlägel von Holz, Beil und Säge.

#### Behandlung der Meßgeräte.

Vermerke jedes Werkzeug, welches mit ins Feld genommen wird, auf einem Zettel.

Achte darauf, daß die Meßwerkzeuge nicht fahrlässig oder mutwillig beschädigt werden oder durch Unachtsamkeit abhanden kommen.

Von der Güte der Werkzeuge hängt in erster Linie das Gelingen der Arbeit ab.

Bedenke, daß sie meist fremdes Eigentum sind, der Schule oder Behörden gehören, und daß sie sehr teuer sind. Gebrauche die Fluchtstäbe, Latten und Richtstäbe weder zum Graben nach Pfählen und dergleichen, noch zum Springen über Gräben, weil dabei die Spitzen leicht abbrechen.

Lege kein Instrument aus der Hand auf den Boden, ohne daß die Stelle durch einen beigesteckten Fluchtstab mit Fahne besonders kenntlich gemacht ist.

Reinige die Werkzeuge sofort nach dem Gebrauche. Reibe alle Eisenteile mit einem Öllappen ab und staube die Spiegel und Libellen mit einem weichen Pinsel ab.

Achte darauf, daß beim Abbruch der Arbeiten sämtliche Geräte zur Stelle sind, die mit ins Feld genommen wurden.

## Längenmeßgeräte.

### Beschaffenheit der Längenmeßgeräte.

Stahlbandmaß für Richtstäbe (Abb. 1). 20 m lang, 20 mm breit, 0,5 mm dick. Dezimeterteilung, messingdurchnietete Löcher,

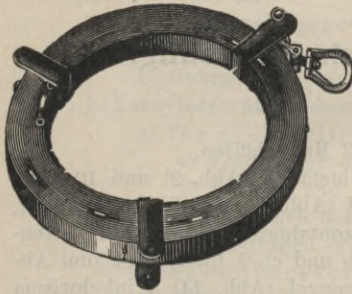


Abb. 1.

die ungeraden Meter mit runden, die geraden Meter mit vier-eckigen Messingscheiben, bei 10 m eine größere Marke aus Kupferblech, bei 5 bzw. 15 m eine größere Marke aus Messingblech. Der Nullpunkt liege in der Mitte der Endringe. Nur ein Endring drehbar.

Zwei Richtstäbe (Abb. 2) aus ölgetränktem Eichen- oder Eschenholz, 1,5 m lang, am unteren Ende mit einem gehärteten, spitzen oder

spatenartigen Eisenschuh versehen, durch den ein starker eiserner Querriegel gezogen ist.

Sie müssen genau in die Endringe des Stahlbandes passen, aber doch ein leichtes Hin- und Herschieben derselben zulassen.

Zählstäbchen mit zwei Sprengringen (Abb. 3); aus gehärtetem, 3 bis 5 mm starkem Eisendraht. Sie seien 40 cm lang; am unteren Ende befindet sich eine Spitze, am oberen Ende eine etwa 3 cm weite Öse.

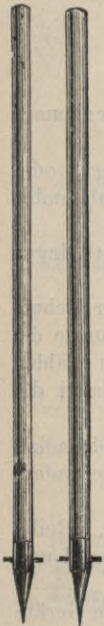


Abb. 2.



Abb. 3.

Taschenstahlband (Abb. 4) 10 bis 20 m lang, 13 mm breit, 0,3 mm dick, in Messingrahmen (nicht in

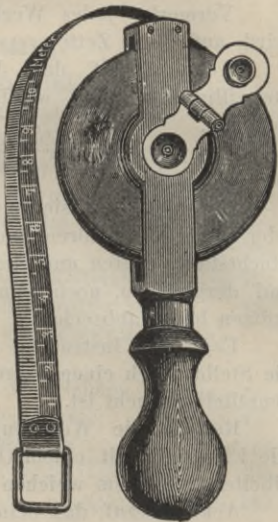


Abb. 4.



Lederkapsel). Der Nullpunkt der Teilung liege in der Drehachse des Endringes.

Zwei Meßlatten (Abb. 5), astfreies Kiefernholz, dreimal mit heißem Leinöl getränkt, von Meter zu Meter, eine Latte rot-weiß, die

Abb. 5.



Abb. 6.

andere schwarz-weiß gemalt; Dezimeterteilung mit Messingnägeln; für gewöhnlich eiserne Kapseln, für feinere Messungen harte Stahlschneiden an den Enden. Bei 5 m Länge ovaler Querschnitt, in der Mitte  $\frac{3}{5}$  cm nach den Enden hin sich verjüngend auf  $\frac{2}{3}$  cm.

Fluchtstäbe (Abb. 6), astfreies Kiefernholz, dreimal mit heißem Leinöl getränkt, von  $\frac{1}{2}$  m zu  $\frac{1}{2}$  m teils rot und weiß, teils schwarz und weiß gestrichen. Bei 2 m Länge 28 mm Durchmesser, bei 3 m Länge 35 mm Durchmesser.

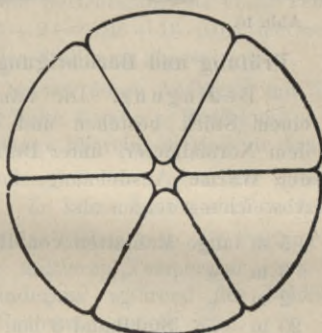


Abb. 7 a.

Das Holz stecke unverjüngt in eisernen Schuhen mit gehärteten Spitzen.

Für kleinere Messungen sehr zu empfehlen die Reise-Fluchtstäbe von R. Reiß in Liebenwerda (Abb. 7 a und b).



Abb. 8.

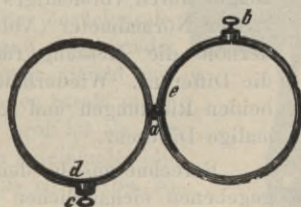


Abb. 9.



Abb. 7 b.

1\*

Doppelringe zur Verbindung mehrerer Fluchtstäbe (Abb. 8 und 9), deren Anwendung (Abb. 10, 11, 12).

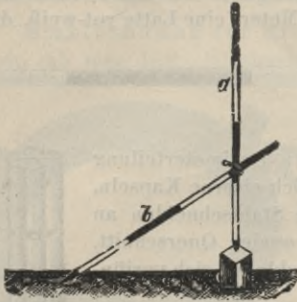


Abb. 10.

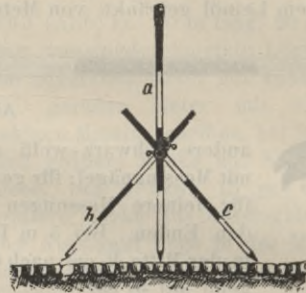


Abb. 11.

### Prüfung und Berichtigung.

Bedingung. Die Längenmeßgeräte sollen aus einem Stück bestehen und bei einem Vergleich mit dem Normalmeter, unter Berücksichtigung der Wärme-Ausdehnung, keine größere Abweichung zeigen als:

5 m lange Meßlatten von Holz	1,5 mm
3 m " " " "	1,3 mm
2 m " " " "	1,1 mm
20 m " Stahlband	3 mm
10 m " " "	2 mm

Nach der Eichordnung sind für 5 m-Latten und für 20 m-Stahlbänder  $\pm 4$  mm gestattet.

Prüfung. Schnüre eine Linie auf wagerechter Unterlage ab und miß auf dieser die Solllänge des Längenmeßwerkzeuges durch vorsichtiges Aneinanderlegen zweier Normalmeter (Abb. 13) ab. Wiederhole die Messung rückwärts, mittele die Differenz. Wiederhole die Messung in beiden Richtungen und mittele die jedesmalige Differenz.

Berechne aus der dem Normalmaß beigegebenen eichamtlichen Gleichung, unter Berücksichtigung des mittleren Temperatur-

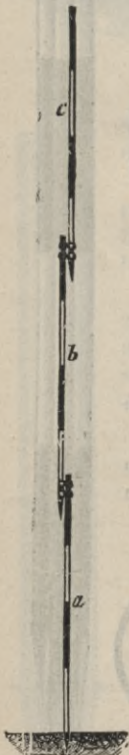


Abb. 12.

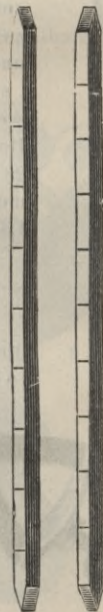


Abb. 13.



unterschiedes während der Prüfung, die Berichtigung und verbessere die Solllänge um diese.

### Beispiel zur Berechnung der Berichtigung.

Nach der eichamtlichen Versicherung habe das Normalmeter *A* bei einer Temperatur von 0° eine Länge von 1 m + 0,04 mm und die Ausdehnung betrage für je 1° Temperaturzunahme 0,012 mm, das Normalmeter *B* habe eine Länge von 1 m - 0,03 mm und eine Ausdehnung von 0,012 mm, dann hat bei einer Temperatur  $t^{\circ}$

*A* eine Länge von  $1,0\text{ m} + 0,04\text{ mm} + t \cdot 0,012\text{ mm}$

*B* " " "  $1,0\text{ m} - 0,03\text{ mm} + t \cdot 0,012\text{ mm}$ .

Zur Prüfung einer 5 m-Latte sei Normalmeter *A* dreimal, *B* zweimal vorgelegt. Dann beträgt die Berichtigung bei einer Temperatur von 16°,  $3 \cdot (+0,04 + 16 \cdot 0,012) + 2(-0,03 + 16 \cdot 0,012)\text{ mm} = 0,696 + 0,322 = 1,018\text{ mm}$ , welche von der Solllänge abzusetzen ist.

Vergleiche nun die Latten durch Auflegen mit der Solllänge. Stimmen sie innerhalb der Seite 4 unter — Bedingung — angegebenen Fehlergrenze mit der Solllänge überein, so sind sie brauchbar.

Ein zu lang gegen das Soll ist wegen der günstigen Fehlerbeeinflussung vorzuziehen. Zu kurze Latten sind zu verwerfen.

Am besten geschieht das Eichen resp. die Prüfung der Längenmeßwerkzeuge bei einer mittleren Temperatur etwa von 15—17°, weil die Temperaturveränderung während des Feldmessens doch nicht beobachtet und in Rechnung gestellt wird.

## Geräte zum Abstecken rechter Winkel.

### A. Winkelspiegel (Abb. 14).

Erklärung: Bilden zwei lotrecht stehende Planspiegel einen Winkel miteinander, so kreuzt sich infolge doppelter Zurückstrahlung der von einem Gegenstand ausgehende, in den einen Spiegel einfallende, Strahl mit dem aus dem anderen ausfallenden Strahl unter einem Winkel, der doppelt so groß ist als der Winkel, den die Spiegelebenen miteinander bilden. Der Weg des Lichtstrahls ist in Abb. 15 durch Pfeile angedeutet.

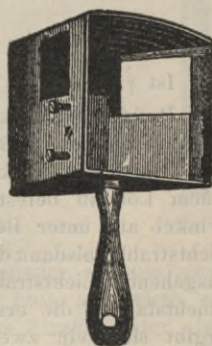


Abb. 14.

Bedingung: Die Spiegelebenen sollen parallel zur Lotlinie stehen und einen Winkel von  $45^\circ$  miteinander bilden.

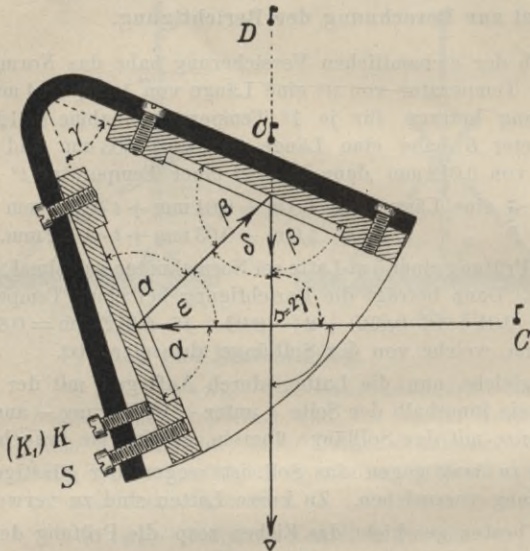


Abb. 15.

$$\begin{aligned}
 1) \quad & \alpha + \beta + \gamma = 180^\circ \\
 1) \quad & 2\alpha + 2\beta + 2\gamma = 360^\circ \\
 2) \quad & 2\alpha + 2\beta + \epsilon + \delta = 360^\circ \\
 (2) - (1) &= \epsilon + \delta - 2\gamma = 0 \\
 & \epsilon + \delta = 2\gamma \\
 3) \quad & \epsilon + \delta = s \\
 & \underline{s = 2\gamma}
 \end{aligned}$$

Ist  $\gamma 45^\circ$ , so ist  $s = 90^\circ$ .

Prüfung: Stecke mit drei genau lotrecht stehenden Fluchtstäben eine gerade Linie  $ABC$  (Abb. 16) ab. Entferne den mittleren Stab  $B$  und bringe den Winkelspiegel mit einem angehängten Lot, oder auf einem Lotstab befestigt, genau über diesen Punkt. Stecke einen Winkel ab, unter Benutzung des vom Fluchtstab  $A$  ausgehenden Lichtstrahls; alsdann drehe den Winkelspiegel über  $B$  so, daß der von  $C$  ausgehende Lichtstrahl einfallen kann. Deckt das Spiegelbild des Fluchtstabs  $C$  die erste Absteckung, so stehen die Spiegel richtig. Ergibt sich ein zweiter Punkt bei  $D_1$ , so halbiere  $D_1-D$  in  $D_2$  und stelle dahin einen Fluchtstab genau lotrecht.



Berichtigung: Löse die Klemmschrauben  $K$  und  $K_1$  (Abb. 15), verschiebe mit der Stellschraube  $s$  den beweglichen Spiegel, bis einmal der von  $A$  ausgehende Lichtstrahl, das anderemal der von  $C$  ausgehende Lichtstrahl den Fluchtstab  $D_2$  genau deckt. Drehe die Klemmschrauben fest und beachte, daß die Spiegelebene lotrecht wird.



Abb. 16.

### B. Winkelprisma (Abb. 16 a und b, 17).

Bedingung: Der Glaskörper muß ein mathematisch genau geschliffenes gerades Prisma mit rechtwinklig, gleichschenkeliger Grundfläche sein (Abb. 19).

Erklärung: Ein von  $O$  (Abb. 19) ausgehender, bei  $E$  auf die Kathetenfläche fallender Lichtstrahl wird daselbst nach dem Brechungsgesetz (Abb. 18) gebrochen, gelangt nach  $F$  auf die zweite Kathetenfläche, von wo er, zurückgestrahlt, nach  $G$  auf die spiegelnde Hypotenusenfläche geworfen wird.

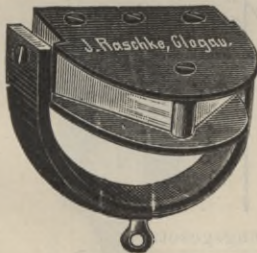


Abb. 16 a.



Abb. 17.



Abb. 16 b.

Bei  $G$  zurückgeworfen, gelangt er nach  $H$  wieder auf die zweite Kathetenfläche, wo er, beim Austritt in die Luft, gebrochen wird und bei  $A$  die Verlängerung des einfallenden Strahls unter einem rechten Winkel schneidet.

In Abb. 18 ist:  $AB = \sin \alpha$ ;  $CD = \sin \beta$ .

Nach dem Brechungsgesetz ist  $\sin \alpha = n \cdot \sin \beta$ ;  $n$  ist der Brechungskoeffizient ( $n$  für Crownglas = 1.53).

Prüfung: Wie beim Winkelspiegel.

Berichtigung: Nur durch Schliff möglich, daher, wenn fehlerhaft, dem Verfertiger zurückzuschicken.

**C. Winkelkreuz** (Abb. 20), **Winkelkopf** (Abb. 21), **Kreuzscheibe** (Abb. 22).

Bedingung: Die Absehlinsen der

Dioptr müssen sich unter einem rechten Winkel schneiden.

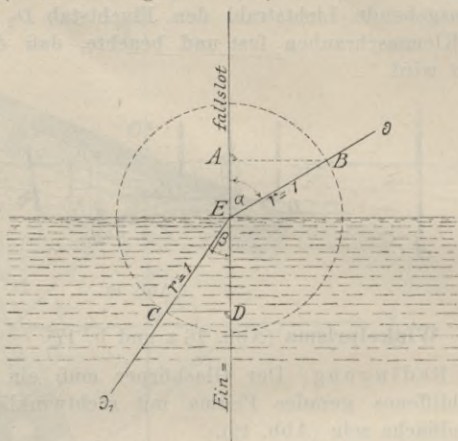


Abb. 18.

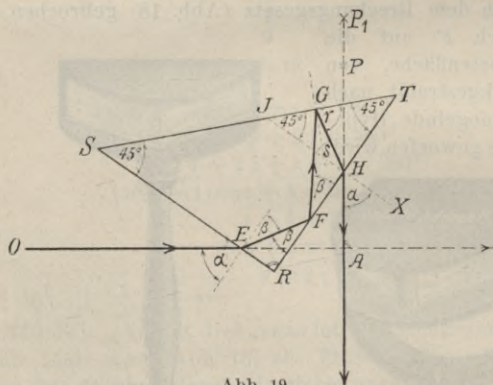


Abb. 19.

$$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta \text{ (Brechungsgesetz)}$$

$$\sum \beta + \sum FGT + 45^\circ = \sum \delta + \sum JGH + 45^\circ$$

$$\sum FGT = \sum JGH$$

$$\sum \beta = \sum \delta$$

$$\sin AHX = n \cdot \sin \delta = n \cdot \sin \beta = \sin \alpha \text{ (Brechungsgesetz)}$$

$$\sum AHX = \sum \alpha$$

$$HA \perp OA$$

daher



Prüfung: Stecke einen Winkel ab, vertausche die Diopter-  
richtungen durch Drehung des Instruments um  $90^\circ$ .

Decken die Absehliesen die erste Absteckung, so ist das In-  
strument richtig. Weichen sie ab, so ist das Instrument fehlerhaft.

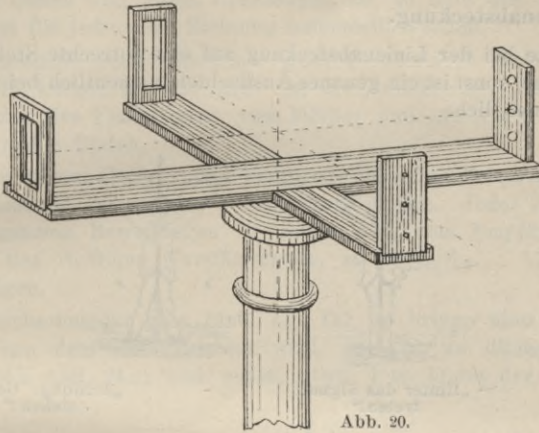


Abb. 20.

Berichtigung: Nur möglich bei verstellbaren Dioptern durch  
Verschieben der Absehliesen um die halbe Winkeldifferenz. Fehler-  
hafte Instrumente ohne Berichtigungsvorrichtung sind daher dem  
Verfertiger zurückzuschicken.

Der mittlere Zielfehler beträgt bei diesen Instrumenten  $1,5'$   
bis  $2'$ , was auf 50m Entfernung einen mittleren Fehler von ca. 3 cm ergibt.

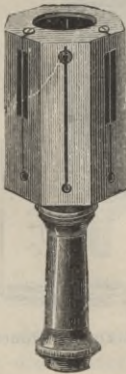


Abb. 21.



Abb. 22.

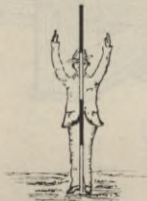
# Regeln für die Absteckung des Liniennetzes, die Linienmessung und die Führung des Feldbuchs.

## 1. Linienabsteckung.

Achte bei der Linienabsteckung auf eine lotrechte Stellung der Fluchtstäbe, sonst ist ein genaues Ausfluchten, namentlich bei längeren Linien, unmöglich.



„Achtung!“



„Hinter das Signal  
treten!“



„Achtung. Gerade  
stehen!“



„In Kniebeuge  
sinken!“



„Aufstehen!“



„Hut auf das Signal  
setzen!“



„Einen Fluchtstab mit  
Fahne oder Hut am  
Signal hochschieben!“



unten  
Stab in der Armrichtung verschieben.



oben



„Stab stehen  
lassen!“



„Stab fortnehmen!“



„Zurückkommen!“

Abb. 23.



Stelle etwa auf je 50 m Entfernung einen Fluchtstab. Ist die Besteckung eines Punktes nicht möglich, z. B. bei einem Grenzsteine, so stelle den Fluchtstab so hinter denselben, daß die von ihm ausgehende Linie genau den Punkt schneidet. Gehen mehrere Linien von einem Grenzsteine ab, so muß der Fluchtstab unbedingt für jede neue Richtung umgestellt werden.

Gebrauche beim Einweisen eines Fluchtstabes innerhalb Hörweite die kurzen Befehle „an“ für die Annäherung, „ab“ für die Entfernung des Fluchtstabes vom Körper und „fest“ für das Feststoßen in den Boden.

Für weitere Entfernungen verabrede besondere Zeichen (Abb. 23) und gebrauch sie nur der Verabredung gemäß. Jedes Zeichen ist mit langsamen Bewegungen zu geben und vom Empfänger, zum Beweis des richtigen Verständnisses, zu wiederholen bzw. sofort zu befolgen.

Durchschneidet eine Linie ein Tal, so bringe über den Endpunkt, von dem aus gerichtet wird, ein Lot, an dünner Schnur, (Abb. 24 b und 24 c) und weise, etwa 1 m hinter der Lotschnur



Abb. 24 a.



Abb. 24 b.



Abb. 24 c.

sitzend, an derselben auf- und abzielend, die mittleren Fluchtstäbe ein. Prüfe die Absteckung in derselben Weise vom anderen Endpunkte aus (Abb. 25).

Bei  $A, B$  (Abb. 25) bei  $C$  (Abb. 26) Grenzsteine mit versenkter Marke.

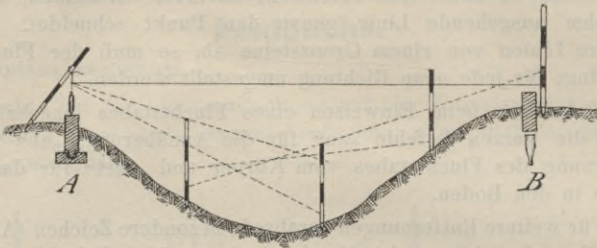


Abb. 25.

Geht eine Linie über einen Berg, Hügel oder Deich, so daß eine Sicht von Endpunkt zu Endpunkt nicht möglich ist, so richte die Linie mit einem Gehülfen aus der Mitte aus (Abb. 26).

$A$  und  $B$  stellen sich möglichst weit voneinander so, daß  $A$  den  $B$  und  $D$ , und daß  $B$  den  $A$  und  $C$  sehen kann; sie weisen sich gegenseitig ein, bis  $ABD$  und  $BAC$  sich decken. Dann ist  $CABD$  eine gerade Linie.

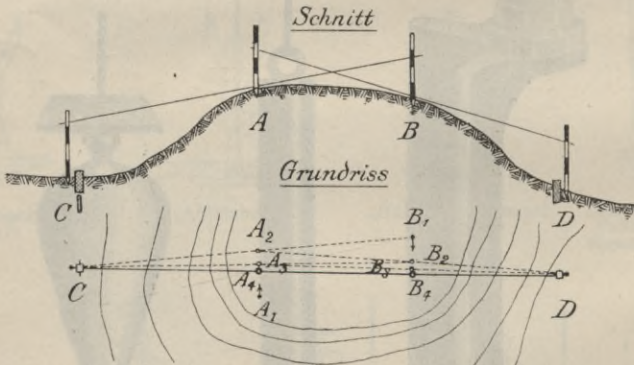


Abb. 26.

Befindet sich zwischen den Endpunkten  $A$  und  $N$  einer Linie ein Hindernis, z. B. ein Gehölz oder Gebäude, so lege entweder eine Parallele zu  $AN$  (Abb. 27) und stecke von dieser aus vor und hinter dem Hindernis nach Bedarf Punkte ab oder fluchte der abzusteckenden Linie, so nahe als möglich, entlang, eine Hilfslinie aus



und bestimme die Lage der Endpunkte der Hauptlinie zur Hilfslinie, sowie Anfang und Ende des Hindernisses, durch Messung (Abb. 28).

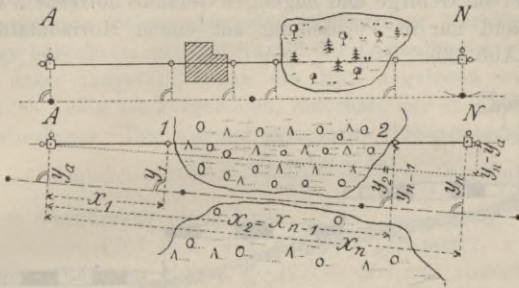


Abb. 27 und 28.

Nimm für die Absteckung von Punkten der Hauptlinie — etwa vor und hinter dem Hindernis — entsprechende Abschnitte der Hilfslinie an, der einfachen Rechnung wegen am besten so, daß der Abschnitt in der ganzen Länge ohne Rest enthalten ist, etwa  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{2}{3}$  u. dgl. Berechne für jeden Punkt den rechtwinkligen Abstand bis zur Hauptlinie, im Verhältnis stehend zu den gemessenen Längen und setze die Masse im Felde ab.

$$\frac{y_{n-1} - y_a}{y_n - y_a} = \frac{x_{n-1}}{x_n}$$

$$y_{n-1} = \frac{x_{n-1}}{x_n} (y_n - y_a) + y_a$$

Beispiel:

Die Hilfslinie  $x_n = 365,4$  m  $y_{n-1} = y_1 = \frac{1}{5} (24,1) + 24,5 = 29,32$

Die Ordinate  $y_a = 24,5$  m

„ „  $y_n = 48,6$  „  $y_{n-1} = y_2 = \frac{2}{3} (24,1) + 24,5 = 40,56$

$y_n - y_a = 24,1$  m

$$\frac{x_{n-1}}{x_n} = \frac{x_1}{x_n} = \frac{1}{5}; \quad \frac{x_{n-1}}{x_n} = \frac{x_2}{x_n} = \frac{2}{3}$$

## 2. Linienmessung.

Alle Messungen sind auf die wagerechte Ebene zurückzuführen.

Die Meßwerkzeuge sind deshalb während der Messung entweder wagerecht zu legen und gegeneinander abzuloten — Staffelmessung (Abb. 29) — oder die geneigt gemessene Länge muß genau auf die wagerechte Ebene zurückgeführt werden.

Zur Längenmessung verwende nur Meßlatten und Stahlbänder, deren Richtigkeit mit dem Normalmeter (vergl. S. 4) geprüft wurde.

Vermeide möglichst ein Staffeln mit dem Stahlband. Verwende daher im Gebirge und hügeligen Gelände hölzerne 5 m-Latten. Ein Stahlband nur in Verbindung mit einem Horizontalmesser — Reduktor (Abb. 30).

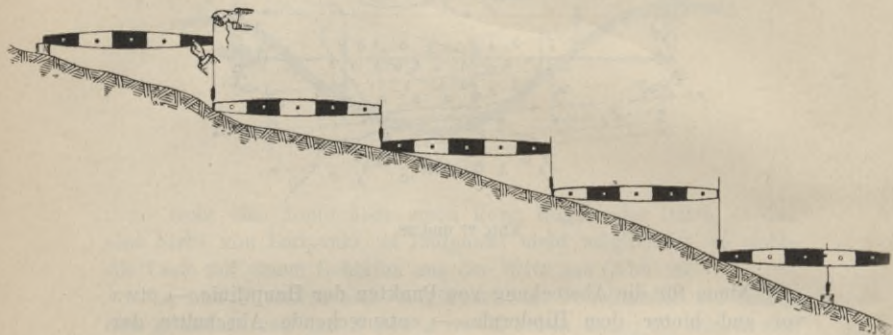


Abb. 29.

Zur Vermeidung der Zählfehler beginne stets mit der rot-weißen Latte. Laß jede Latte, sobald sie aufgehoben wird, **laut** ausrufen.

Bei geringem Gefälle, bis zu 0,5 m auf 5 m Länge wird eine Staffelmessung mit Meßlatten wegen der geringen Lothöhe ungenau.

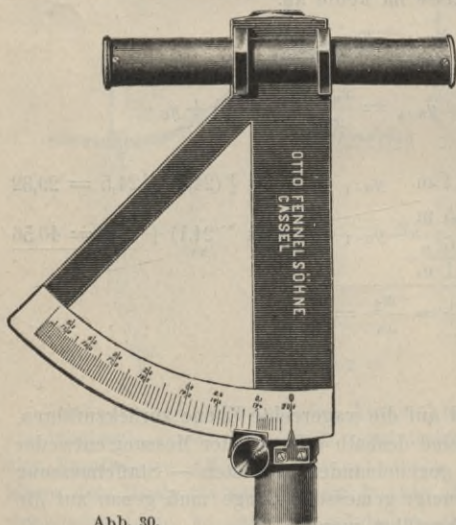


Abb. 30.

Miß daher die geneigte Linie und ermittle die Verkürzung der wagerechten Länge aus dem Höhenunterschied. — Den Höhenunterschied lies an einem in Dezimeter getheilten Lotstab ab, nach einfachem Anheben der geneigt liegenden Latte bis zur Wagerechten. Das



Quadrat der abgelesenen Dezimeter ist gleich der Verkürzung in Millimeter (für 5 m-Latten). Um die Verkürzung wird jede folgende Latte vorgelegt, oder es wird, bei gleichmäßigem Gefälle, der Höhenunterschied nur hier und da festgestellt, aus dem mittleren Höhenunterschied die mittlere Verkürzung einer Lattenlänge berechnet, mit der Anzahl der Lattenlängen multipliziert und erst dann vorgelegt, wenn ein Maß abgelesen werden soll. z. B. Die 20. Latte sei aufgehoben, innerhalb der 21. Lattenlänge sei ein Maß abzulesen. Der viermal gemessene Höhenunterschied einer 5 m-Latte sei gemittelt  $= \frac{4,3 + 4,5 + 4,0 + 4,0}{4} = 4,2$  dm. Demnach

die mittlere Verkürzung einer Latte

$$= (4,2)^2 = 4^2 + 2 \cdot 4 \cdot 0,2 = 17,6 \text{ mm}^*)$$

Die Gesamtverkürzung gleich  $20 \cdot 17,6 = 352 \text{ mm} = 0,352 \text{ m}$ . Um soviel ist die 21. Latte vorzulegen, bevor das Maß abgelesen wird.

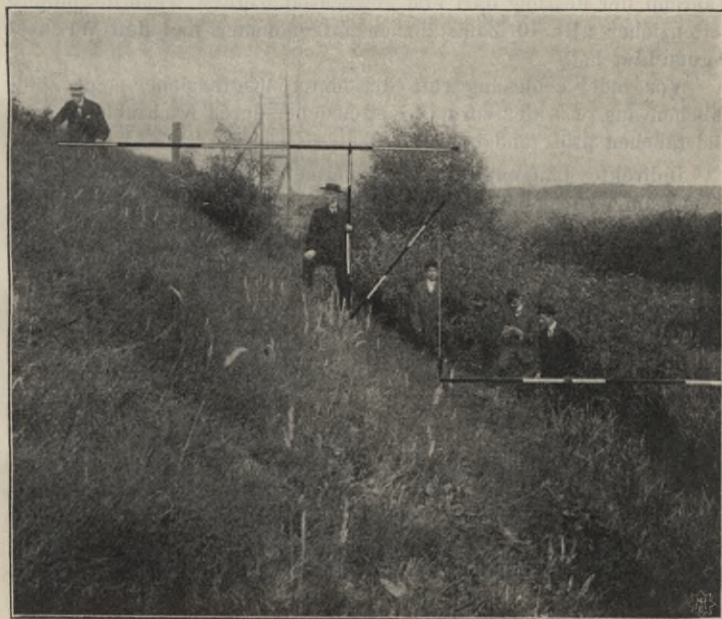


Abb. 31.

\*) Nach der Formel  $a^2 + 2ab + b^2$ , worin  $b^2$  vernachlässigt werden kann.

Bei der Staffelmessung lote stets Lattenende auf Lattenende ab, laß während des Ablotens beide Latten wagerecht anheben und zur Vermeidung des Durchbiegens, hochkantig legen (Abb. 29).

In steilem Gelände, z. B. bei Böschungen, wo die Latte höher als Körperlänge gehoben werden muß, unterstütze die Latte mit einer Gabel und lote einige Schritte seitwärts, rechtwinklig zum Lattenende, stehend, an der Lotschnur auf und ab zielen ein Lattenende auf das andere indirekt ab (Abb. 31).

Bei der Stahlbandmessung achte auf ein genaues Einfluchten, auf ein lotrechtes Einstecken und Halten der Richtstäbe und auf eine ausgestreckte Lage des Stahlbandes. Vermeide ein zu starkes Anziehen und unterstütze das Stahlband in der Mitte mit der Hand, falls es an einem oder an beiden Enden gehoben werden mußte.

Vor Beginn jeder neuen Linie sind die Zählstäbchen auszuwechseln, so daß der vordere Kettenzieher 10 Zählstäbchen hat. Während der Messung darf erst gewechselt werden, wenn der hintere Kettenzieher alle 10 Zählstäbchen aufgenommen und den Wechsel angemeldet hat.

Vor jeder Ableseung ruft der hintere Kettenzieher seine Zählstäbchen aus, was der vordere Kettenzieher durch Nachzählen seiner Zählstäbchen prüft und bestätigt.

Indirekte Längenbestimmung vermeide möglichst und wende sie nur an, wenn genügende Kontrollen für die Richtigkeit der Aufnahme vorhanden sind. Unzulässig ist sie für die Aufnahme von Eigentums Grenzen. Merke folgende in der Praxis häufig wiederkehrende Fälle.

- a) Ein Hindernis mache die direkte Messung unmöglich, lasse aber das Absetzen und Messen einer Parallelen oder einer entlang liegenden Hilfslinie zu (Abb. 27 und 28).

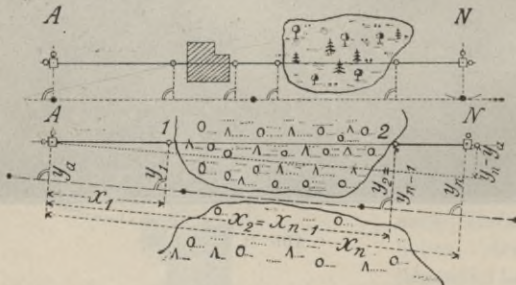


Abb. 27 und 28.



Die Fußpunkte der rechten Winkel sind äußerst genau zu bestimmen.

In der Abb. 28 ergibt sich  $E = \sqrt{(y_n - y_a)^2 + x_n^2}$ .

b) Das Absetzen einer Parallelen oder einer entlanglaufenden Hilfslinie sei unmöglich.

Errichte in  $A$  eine Senkrechte, miß auf derselben eine Länge, etwa der geschätzten  $AN$  gleich, ab, verdoppele sie und errichte im Endpunkt  $O$  wieder eine Senkrechte. Suche auf letzterer einen Punkt, wo sich die auf  $M$  und  $N$  stehenden Fluchtstäbe decken.

Die rechten Winkel müssen genau abgesteckt werden.

Zur Kontrolle miß außer  $OP$  auch noch  $MP$  und prüfe die Absteckung durch Rechnung, nach dem Pythagoras.

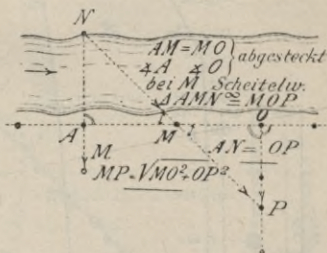


Abb. 32.

### 3. Lage des Liniennetzes.

Die Messungslinien lege so, daß die Grenzpunkte mit möglichst kurzen rechtwinkligen Abständen — Ordinaten — aufgemessen werden können (Abb. 33 und 34); bei Landstraßen und Eisenbahnen wird möglichst die Achse und deren Verlängerung angenommen.

Rechtwinklige Abstände von über 5 m Länge bestimme mit einem Instrument — Winkelspiegel, Winkelprisma oder Winkelkopf.

Abstände über 40 m Länge prüfe durch eine ca.  $45^\circ$  geneigte Hypotenusenmessung (Abb. 33, A—B).

Im übrigen prüfe die Arbeit durch Messung der direkten Entfernungen der Grenzpunkte (Abb. 33, C—D).

Ist die Lage eines Punktes  $F$  ausnahmsweise durch Bogenschnitt bestimmt (Abb. 34), so ist von der Standlinie aus noch ein Versicherungsmaß  $EF$ , als Prüfungslinie, zu messen. Nur in außergewöhnlichen Fällen genügt eine doppelte Messung der Schnittlinien.

Bei Gebäudeflächen verlängere die Fundamentlinien nach beiden Seiten bis in das Messungsliniennetz und miß dieselben in ganzer Länge durch, wie die anderen Messungslinien, von einem bis zum andern Bindepunkt (Abb. 34,  $GH$ ). Führen an einem Punkt zwei oder mehrere Messungslinien vorbei (Abb. 34,  $J$ ), so ist derselbe, in Hinsicht auf die spätere Flächeninhaltsberechnung, von jeder dieser Linien aus aufzumessen.

#### 4. Führung des Feldbuches.

Fertige von der zu messenden Fläche eine Handzeichnung (Abb. 33 und 34), möglichst maßstäblich — für größere Flächen mit wenig Grenzpunkten ungefähr 1:2000, für kleinere Flächen mit mehr Grenzpunkten 1:1000, für Grundstücke mit Gebäudeflächen 1:500. Ziehe die Standlinie und teile sie von 10 zu 10 m ein, so daß die Zwischenmaße durch Schätzen leicht an richtiger Stelle eingetragen werden können. Miß zuerst die Standlinie und beachte beim Eintragen der Messungszahlen die nachstehend unter 5 aufgeführten Regeln. Miß die rechtwinkligen Abstände für die Grenz- und Liniennetzpunkte, wenn ein zweites Längenmeßwerkzeug zur Verfügung steht, möglichst gleichzeitig, wie sie der Reihe nach von der Standlinie aus bestimmt werden, — fehlt ein zweites Meßwerkzeug, so bezeichne die Fußpunkte der rechtwinkligen Abstände genau in der Standlinie durch Pföcke, trage sie nebst den zugehörigen Zahlen an richtiger Stelle ungefähr maßstäblich in das Feldbuch ein und bestimme die

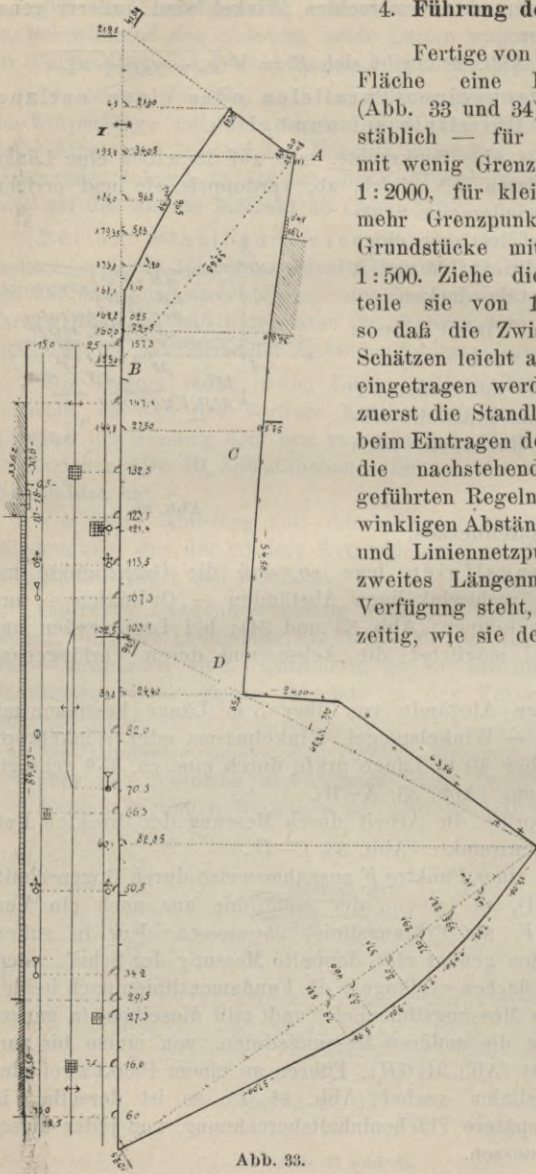


Abb. 33.



Länge der rechtwinkligen Abstände nachher. Verbinde je zwei zusammengehörige Grenzpunkte oder Liniennetzpunkte miteinander, so bald sie eingetragen sind. Teile die Messungslinien im Feld-



Abb. 34.

buch in der Richtung, wie sie gemessen werden, wieder ungefähr von 10 zu 10m ein und verfähre ebenso wie bei der Messung der Standlinien. \*)

Wurde ein Liniennetzpunkt durch Bogenschnitt bestimmt, so miß die Linien zuerst, ohne Rücksicht auf die aufzunehmenden

\*) Die Bezeichnungen Anfangspunkt beziehungsweise Endpunkt werden nicht eingeschrieben. Sie dienen in (Abb. 34) nur zur Zurechtfindung.

Grenzpunkte, ganz durch, trage sie maßstäblich ins Feldbuch ein und bestimme alsdann, bei der zweiten Messung, die Lage der Grenzpunkte zu diesen Linien.

### 5. Schreibweise der Zahlen.

Die Messungszahlen schreibe fortlaufend, wie gemessen wird, rechtwinklig zur Messungslinie stehend, so daß der Fuß der Zahl nach dem Anfangspunkte der Messungslinie gerichtet ist (Abb. 33 und 34), ohne Beifügung der für den schriftlichen Verkehr angeordneten Abkürzungen.

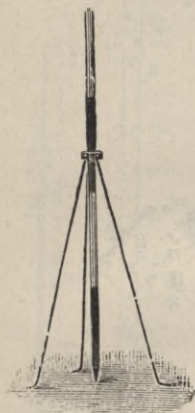


Abb. 35.

Stativ zur Aufstellung der Fluchtstäbe auf Straßenpflaster u. dgl.

Aus der Zahl der Dezimalstellen muß hervorgehen, welchen Grad der Genauigkeit die Messung beansprucht.

Schreibe bei Ableseung von Dezimeter stets eine Dezimalstelle, bei Ableseung von Zentimeter stets zwei, und bei Ableseung von Millimeter stets drei Dezimalstellen, auch wenn die Stellen den Wert Null haben.

Z. B.: für 16 m 0 dm = 16,0; für 16 m 5 dm = 16,5; für 16 m 5 cm = 16,05; für 16 m 5 mm = 16 005; für 16 m 50 cm = 16,50; für 16 m 500 mm = 16,500.

Schreibe die Messungszahlen für Einbände abgehender Linien, für Verlängerungen, für die Ordinatenfußpunkte, an einer deren Richtung entgegengesetzten Seite der Messungslinie (Abb. 33 und 34).

Unterstreiche die Messungszahlen für die Einbände abgehender Linien einmal und das Endmaß einer Linie zweimal (Abb. 33 und 34).

Schreibe die Ordinatenzahlen den Ordinaten gleichlaufend, so daß der Fuß der Zahlen nach dem Anfangspunkt der Standlinie (Abszissenlinie) gerichtet ist (Abb. 33 und 34).

Schreibe die direkten Entfernungen zweier Punkte, z. B. Grundstücksbreiten, Gebäudebreiten, diesen Grenzen gleichlaufend und den Fußpunkt der Zahl so nach der Grenzlinie gerichtet, daß eine Verwechslung mit anderen Maßen ausgeschlossen ist (Abb. 33, C D).

### 6. Anwendung der Signaturen.

Zur Bezeichnung der Messungspunkte, der Linien, Grenzmaße, der topographisch bemerkenswerten Gegenstände, der Eisenbahnbau-, der Straßenbau- und der wasserbautechnischen Anlagen,



sowie der sonstigen Tiefbauanlagen, gebrauche die aus den Tafeln 1—6 ersichtlichen, amtlich gültigen Zeichen — Signaturen —, die gegebenenfalls so ausführlich anzuwenden sind, daß sie die beabsichtigte Darstellung unzweifelhaft erkennen lassen.

### 7. Fehlergrenze.

Höchste zulässige Abweichung zweier Längenmessungen in Preußen:

a) Nach dem Feldmesserreglement  $\frac{2}{1000}$  in günstigem,  $\frac{3}{1000}$  in ungünstigem Gelände.

b) Für die Katastervermessungen

I. in ebenem, für die Messung günstigem Gelände

$$d = 0,01 \sqrt{4S + 0,005 S^2}$$

Die höchsten zulässigen Abweichungen bei Längenmessungen von 0 — 2000 m. (Preußen.)

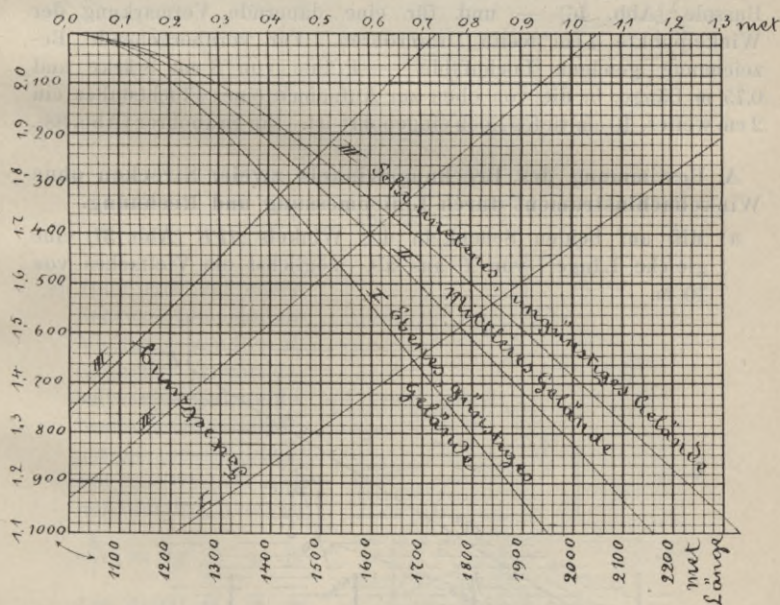


Abb. 36.

Die wagerechten Linien geben die Länge, die dazu senkrechten Linien die zulässigen Abweichungen an; ihr Schnitt mit den Kurven ergibt die einer Länge entsprechende höchste zulässige Abweichung.





Richte daselbst zwei Fluchtstäbe äußerst genau ein und ermittle die Entfernung beider Punkte =  $b$ , halbiere  $b$  und miß noch die Entfernung  $h$ . **Alles äußerst genau.**

$$\text{Dann ist } \frac{b}{2l} = \sin \frac{\beta}{2}; \quad \frac{h}{l} = \cos \frac{\beta}{2}; \quad \frac{b}{2h} = \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Hieraus ergibt sich die Größe des Winkels aus einer Tabelle der natürlichen Zahlen; der trigonometrischen Funktionen (Anhang).

Z. B.  $l = 50,0$   $b = 60,0$ ;  $h = 40,0$  gemessen;

$$\sin \frac{\beta}{2} = \frac{b}{2l} = \frac{60}{100} = 0,6000; \quad \frac{\beta}{2} = 36^\circ 52'; \quad \beta = 73^\circ 44'.$$

- b) Bei einem stumpfen Winkel verlängere einen Schenkel über den Scheitelpunkt hinaus, bestimme den Außenwinkel  $\alpha$  in ähnlicher Weise und subtrahiere ihn von  $180^\circ$  (Abb. 38).

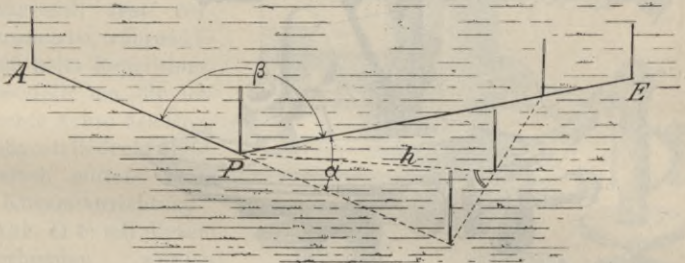


Abb. 38.

- c) Oder miß auf einem Schenkel 10m oder ein Vielfaches von 10m ab (Abb. 39). Errichte daselbst eine Senkrechte, bestimme deren Schnitt mit dem anderen Schenkel des Winkels und miß dieselbe. Dann ist

$$\frac{h}{l} = \operatorname{tg} \beta; \quad \text{z. B.}$$

$$l = 20,000 \text{ m}; \quad h =$$

$$11,548 \text{ m}; \quad \operatorname{tg} \beta =$$

$$\frac{h}{l} = \frac{11,548}{20} = 0,5774 \text{ m}; \quad \beta = 30^\circ.$$

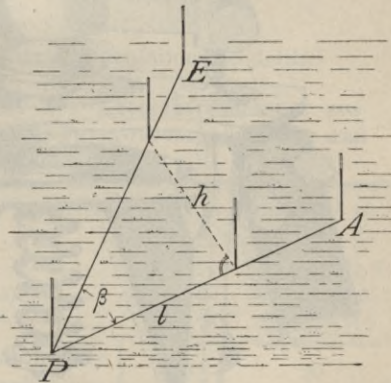


Abb. 39.

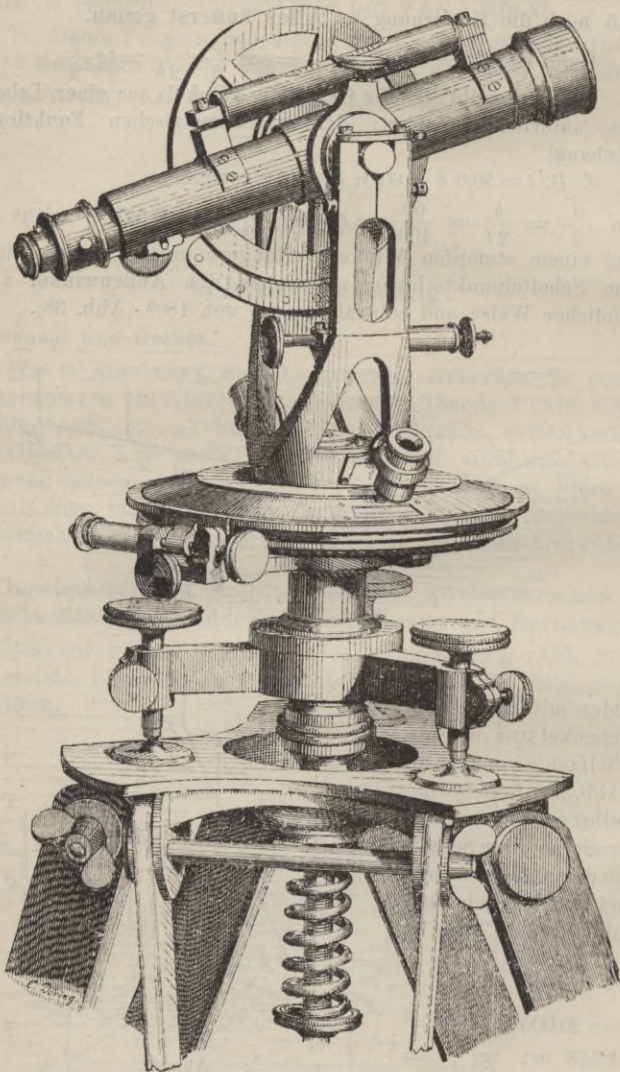


Abb. 40.



Diese Art der Winkelmessung kann nur ganz untergeordneten Zwecken dienen, denn mit dem Wachsen des Winkels wachsen auch die unvermeidlichen Fehler, ca. 20'' Zunahme auf je 10°.

### B. Winkelmessung mit dem Theodolit.

Merke zwei Bauarten:

1. Den einfachen Theodolit (Abb. 40).
2. Den Repetitionstheodolit (Abb. 41, Schnitt und Ansicht des untern Teils).

Sie unterscheiden sich dadurch, daß der Teilkreis — Limbus — beim einfachen Theodolit mit dem Dreifußgestell fest verbunden ist, während er sich beim Repetitionstheodolit um die lotrechte Achse des Dreifußgestells drehen läßt, jedoch mittels einer Klemmvorrichtung (Abb. 41 k) mit diesem verbunden werden kann.

Ist das Fernrohr zum Durchschlagen eingerichtet, so heißt das Instrument Kompensationstheodolit.

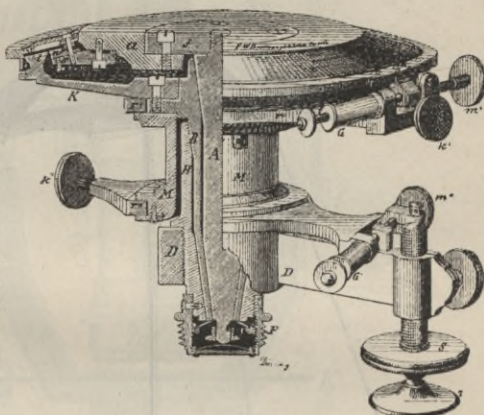


Abb. 41.

### Zweckmäßiges Verhältnis des Kreisdurchmessers zur Kreisteilung, Noniusangabe, Fernrohrvergrößerung und Libellenangabe.

Durchmesser des Limbus in Zentimeter	20	17	15	12	10
Kreisteilung, alte Teilung . . . . .	1/6°	1/6°	1/3°	1/3°	1/2°
„ neue Teilung . . . . .	1/5 g	1/5 g	1/4 g	1/2 g	1/2 g
Noniusangabe in Sekunden a. Tlg. . . .	10''	20''	30''	40''	60''
Fernrohrvergrößerung <i>n</i> fach <i>n</i> = . .	35	30	25	20	10

Empfindlichkeit in Sekunden } der	Nivellierlibellen Reiterlibellen Dosen- und Kreuzlibellen	10''	20''
		60''	

a) **Behandlung des Theodolits.**

Vermeide beim Transport des Theodolits heftigen Stoß und starkes Umkippen.

Löse vor dem Herausnehmen aus dem Kasten und beim Einpacken sämtliche Klemmschrauben und drehe die Schrauben erst fest, wenn das Instrument richtig in den Kasten gesetzt ist.

Schütze das Instrument vor Regen und Einwirken der Sonnenstrahlen mit einem Schirm (Abb. 42).



Abb. 42.

Reinige den Theodolit nach jeder Beobachtung, namentlich nach Beendigung der Feldarbeiten mit einem Pinsel und Lederlappen. Fuß und Stellschrauben mit einer weichen Zahnbürste und überziehe die Lager, Achsen und Schraubengewinde mit einem leichten Ölhauch.

Reinige die Okular- und Objektivlinsen, sowie die Lupen mit einem weichen Staubpinsel und vermeide jedes Befassen und Putzen derselben während des Gebrauchs.

b) **Prüfung und Berichtigung des Theodolits.**

Merke drei Hauptachsen: Zielachse  $Z$ ; lotrechte Achse  $V$  und wagerechte Achse (Kippachse)  $H$ .



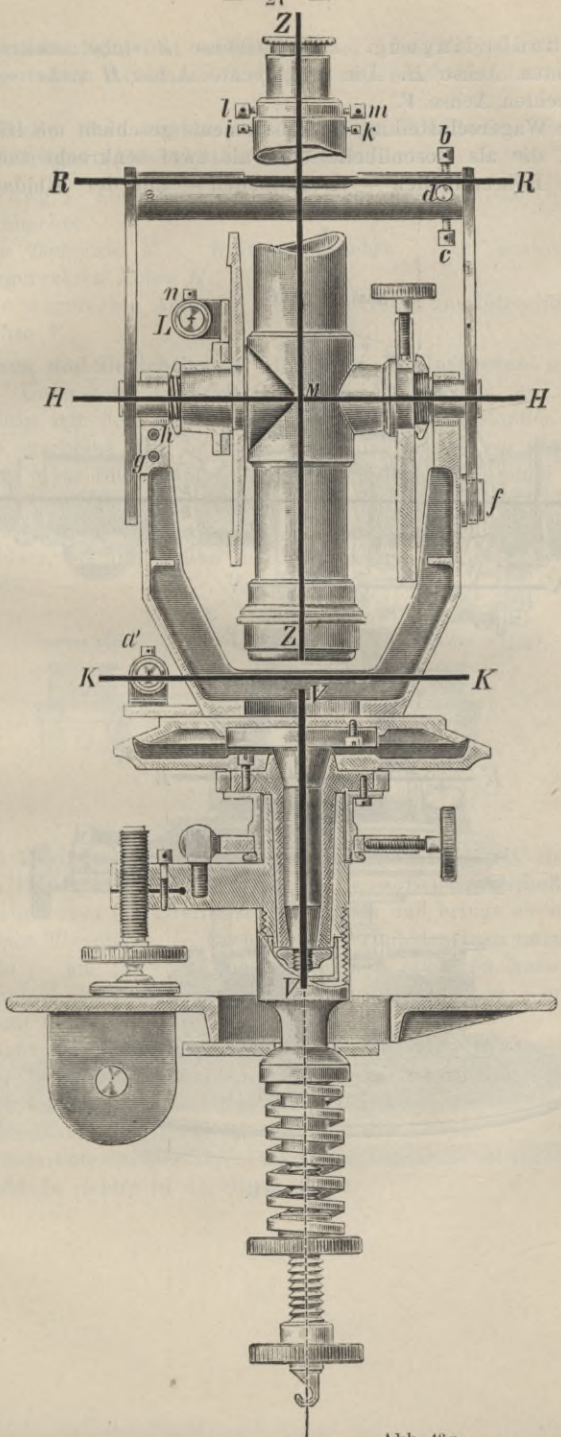


Abb. 43 a.

Grundbedingung. Die Zielachse  $Z$  stehe senkrecht zur wagerechten Achse  $H$ . Die wagerechte Achse  $H$  stehe senkrecht zur lotrechten Achse  $V$ .

Die Wagerechtheilung des Instruments geschieht mit Hilfe von Libellen, die als Dosenlibelle oder als zwei senkrecht zueinander stehende Röhrenlibellen — Kreuzlibellen — mit der Alhidade bzw.

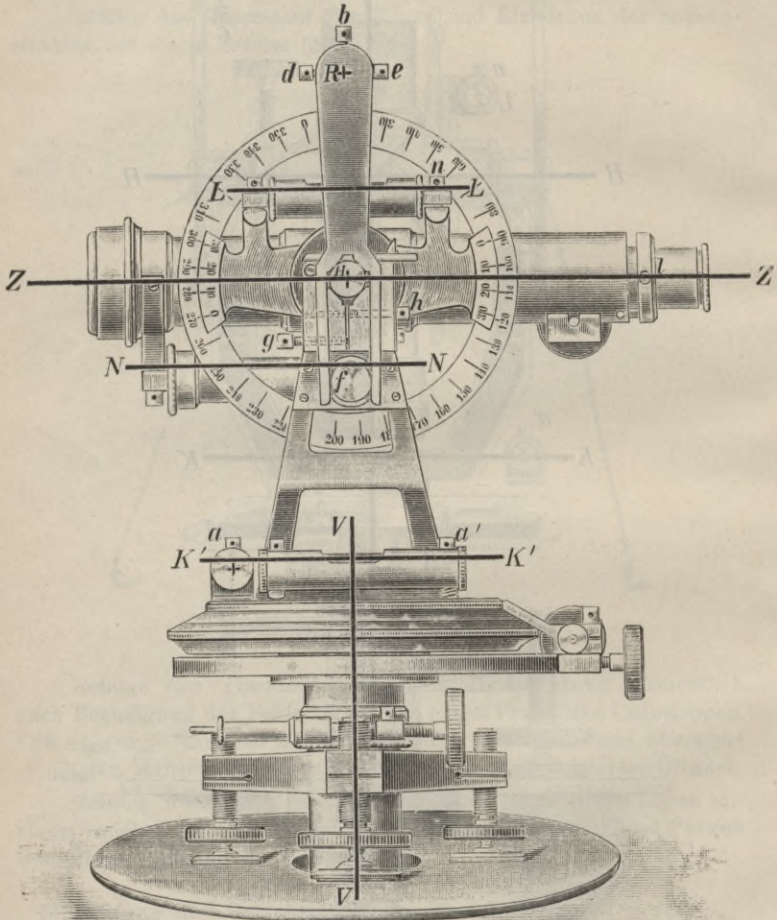


Abb. 43 b.



dem Fernrohrträger fest verbunden sind oder als Reiterlibelle auf der wagerechten Achse zum Umsetzen angebracht werden.

**a) Libelle fest verbunden mit der Alhidade oder dem Fernrohrträger** (Abb. 43, 43 a und 43 b).

Bedingung 1. Die Libellenachse  $K$  stehe senkrecht zur lotrechten Drehachse.

2. Die Zielachse  $Z$  — Kollimationsachse — sei senkrecht zur wagerechten Achse  $H$ .

3. Die wagerechte Achse  $H$  stehe senkrecht zur lotrechten Drehachse  $V$ .

**Prüfung und Berichtigung.** Befestige das Instrument auf einem Stativ. Untersuche zunächst, ob das Fadenkreuz im Fernrohr gleichzeitig mit dem Bilde eines angezielten Gegenstandes deutlich schwarz erscheint und beim Bewegen des Auges vor dem Okular ruhig auf dem Bilde bleibt. Erscheinen die Fäden nicht schwarz und ruhig, so ändere den Abstand zwischen Okular und Fadenkreuz durch entsprechende Verschiebung — Annäherung oder Entfernung — des Okulars, bis die Fäden deutlich schwarz und ruhig erscheinen (Abb. 44).



Abb. 44.

Zu Bedingung 1. Stelle das Instrument so gut als möglich mit den Dreifußstellschrauben wagerecht. — Bei Kreuzlibellen richte die Libellen über die Dreifußstellschrauben und bringe sie mit diesen genau zum Einspielen. — Drehe das Oberteil des Instruments — die Alhidade — um  $180^\circ$  und beseitige einen etwaigen Ausschlag der Libellenblase zur Hälfte mit den Libellenrichtschrauben  $a$  und  $a'$  zur Hälfte mit den Dreifußstellschrauben.

Dient zur Wagerechtstellung eine Dosenlibelle, so bringe sie mit den Dreifußstellschrauben genau zum Einspielen. Drehe die Alhidade um  $180^\circ$  und beseitige den halben Ausschlag entgegengesetzt seiner Richtung mit den Richtschrauben der Libelle.

Wiederhole das Verfahren, bis die Libellenblase bei jeder Drehung der Alhidade richtig in der Mitte bleibt.

### Zu Bedingung 2.

Entweder a) Ziele einen Punkt an, hebe das Fernrohr mit der wagerechten Drehachse aus dem Lager, lege es mit vertauschten Achsenenden wieder ein und ziele den Punkt wieder an. Ergibt sich ein zweiter Punkt, so mittele die Entfernung beider und verschiebe mittels der Richtschrauben *l* und *m* des Fadenkreuzes die lotrechten Fäden desselben auf die Mitte. Lege das Fernrohr im Lager wiederholt um, ergibt sich noch eine Abweichung vom mittleren Punkt, so halbiere sie und verschiebe die lotrechten Fäden entsprechend. Setze das Verfahren fort, bis sich in beiden Fernrohrlagen derselbe Punkt ergibt.

Oder b) Ziele einen Punkt an, lies beide Nonien des wagerechten Teilkreises ab, drehe die Alhidade um  $180^\circ$ , berücksichtige eine etwaige Exzentrizität durch Mittelung beider Noniusablesungen — schlage das Fernrohr durch und ziele den Punkt wieder an. Mittele eine etwaige Abweichung und berichtige den Fehler, wie unter a) angegeben, durch Verschieben des Fadenkreuzes. Drehe die Alhidade wieder um  $180^\circ$ , schlage das Fernrohr durch und setze das Verfahren fort, bis nach jeder Drehung um  $180^\circ$  und nach Durchschlagen des Fernrohrs stets dasselbe Ziel zwischen den lotrechten Fäden des Fadenkreuzes erscheint, wie in der ersten Fernrohrlage.

Löse bei der Berichtigung des Fadenkreuzes das eine Schräubchen stets nur so viel, wie das andere angezogen werden muß.

Oder c) Ziele einen Punkt scharf an, lies beide Nonien ab, schlage das Fernrohr durch und ziele den Punkt wieder scharf an. Lies beide Nonien ab. Ist der Unterschied der gemittelten Noniusablesungen zwischen Fernrohrlage I und II gleich  $180^\circ$ , so ist die Bedingung erfüllt. Ergibt sich eine Abweichung, so verstelle die Alhidade mit der Feinstellschraube der Wagerechsbewegung um die Hälfte derselben und verschiebe die lotrechten Fäden des Fadenkreuzes mit den seitlichen Richtschrauben *l* und *m* genau auf den Zielpunkt.

### Zu Bedingung 3.

Entweder a) Hänge ein Lot an einer langen Schnur auf, welches zur Vermeidung des Hin- und Herschwankens in ein Gefäß mit Wasser eintaucht. Ziele aus möglichst geringer Entfernung die Lotschnur hoch an und kippe das Fernrohr. Weicht das Fadenkreuz beim Neigen des Fernrohrs scheinbar nach links ab, so ist die wagerechte Drehachse links zu heben oder rechts zu senken und umgekehrt, was mit den am Fernrohrträger befindlichen Richtschrauben des Lagers *g* und *h* (Abb. 43 b) geschieht.



Durch Anziehen der Druckschraube  $g$  werden die Auflageflächen der Achse auseinandergerückt, und es wird die Achse gesenkt; durch Anziehen der Zugschraube  $h$  werden die Auflageflächen einander genähert, und es wird die Achse gehoben.

Bevor die eine Schraube angezogen wird, muß die andere gelüftet werden.

Oder b) Ziele einen hochgelegenen Punkt an und lote ihn durch Kippen des Fernrohrs auf eine tief liegende Ebene, z. B. auf eine wagerecht gelegte Latte, herab. Schlage das Fernrohr durch und lote denselben Punkt noch einmal herab. Ergibt sich ein zweiter Punkt, so mittel die Entfernung beider Punkte und hebe oder senke, wie oben unter  $a$  angegeben, das Lager an einer Seite, bis, bei einem letzten Herablöten, sich in beiden Fernrohrlagen derselbe Punkt ergibt.

Zeigte sich nach der zu 3 unter Anweisung  $a$  ausgeführten Berichtigung, daß die Lotschnur, in anderen Fällen auch ein lotrecht stehender Stab oder ein mit dem äußersten Ende der Fäden angezielter Punkt, beim Kippen des Fernrohrs nicht zwischen den Längsfäden blieb, so stehen die Längsfäden des Fadenkreuzes nicht lotrecht.

Berichtige den Fehler durch Drehung der Fadenkreuzblende oder durch Drehung des Okularkopfes, z. B. mit Hilfe der Schrauben  $i$  und  $k$  (Abb. 43 a), welche gegen die Zahnstange des Auszugsrohrs wirken.

Wird die eine Schraube gelockert und die andere angezogen, so dreht sich der Auszug ein wenig um seine Längsachse.

Achte darauf, daß bei der Berichtigung die Zahnstange nicht festgeklemmt wird, sondern ohne Spielraum leicht beweglich bleibt.

### 3) Reiterlibelle auf der wagerechten Achse zum Umsetzen.

Bedingung 1: Die Libellenachse  $R$  sei gleichlaufend mit der wagerechten Drehachse  $H$  (Abb. 43 a).

Bedingung 2: Die wagerechte Drehachse  $H$  sei senkrecht zur lotrechten Drehachse  $V$ .

Bedingung 3: Die Zielachse  $Z$  sei senkrecht zur wagerechten Drehachse  $H$ .

Zu Bedingung 1: Stelle den Theodolit mit der Dosenlibelle, so gut als möglich, wagerecht; fehlt eine Dosenlibelle, so gebrauche die Reiterlibelle, indem diese in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen über, bzw. mit, den Dreifußstellschrauben annähernd zum Einspielen gebracht wird. Bringe alsdann die Reiterlibelle über, bzw.

mit, zwei Dreifußstellschrauben genau zum Einspielen. Setze die Libelle um und beseitige den Ausschlag der Blase zur Hälfte mit den Libellenrichtschrauben  $b$  und  $c$  (Abb. 43 a), zur Hälfte mit den Dreifußstellschrauben. Setze die Libelle wiederholt um und fahre mit der Berichtigung fort bis in beiden Lagen ein genaues Einspielen der Blase stattfindet.

Kippe nun die Libelle auf der wagerechten Drehachse etwas auf die eine Seite, dann auf die andere. Schlägt sie hierbei aus — ein kleiner Ausschlag ist unschädlich — so beseitige den ganzen Ausschlag mit den in gewöhnlicher Libellenstellung wagerecht wirkenden Richtschrauben  $d$  und  $e$  (Abb. 46 b). Bringe die Libelle wieder in ihre gewöhnliche Stellung und berichtige einen sich etwa noch zeigenden Fehler, bis schließlich die Libellenachse der wagerechten Drehachse gleichlaufend ist.

Zu Bedingung 2. Die so berichtigte Libelle bringe über zwei Dreifußstellschrauben genau zum Einspielen. Drehe die Alhidade um ca.  $180^{\circ}$ . Beseitige den Ausschlag zur Hälfte mit den Lagerrichtschrauben  $g$  und  $h$ , zur Hälfte mit den beiden Dreifußstellschrauben. Wiederhole das Verfahren, bis die Libellenblase in beiden Lagen der Alhidade einspielt. Drehe nun die Alhidade um  $90^{\circ}$  und bringe die Libelle mit der dritten Dreifußstellschraube allein zum Einspielen. Gehe in die erste Lage zurück und fahre mit der Berichtigung fort, bis bei einer vollen Umdrehung des Oberteils des Theodoliten die Reiterlibelle beständig einspielt.

Zu Bedingung 3. Wird geprüft und berichtigt wie Seite 30 unter a, b, c zu Bedingung 2 angegeben.

### **Schlußbemerkung.**

Der Einfluß der Achsenfehler auf die Winkelmessung ist nicht von großer Bedeutung.

Durch Messung in zwei Fernrohrlagen wird der Fehler der Zielachse und der wagerechten Drehachse aufgehoben. Durch Ablesen an beiden Nonien wird der Exzentrizitätsfehler aufgehoben.

Der Libellenfehler zeigt sich sofort beim Gebrauch und ist leicht zu beseitigen, während bei sorgfältiger Behandlung des Instruments ein häufiges Prüfen und Berichtigen bezüglich der übrigen Achsenfehler nicht nötig ist.

### **c) Regeln für den Gebrauch des Theodolits.**

Untersuche zunächst die Kreisteilung, ob der Kreis — Limbus — in  $400^g =$  neue Teilung oder  $360^{\circ} =$  alte Teilung — geteilt ist, und der wievielste Teil eines Grades direkt abgelesen werden



kann. Stelle sodann fest, wie groß die Noniusangabe ist. Der Wert eines Kreisteils geteilt durch die ganze Anzahl der Noniusteile gibt in derselben Einheit die Noniusangabe.

Beispiel: Der Kreis sei in  $\frac{1}{2}$  Grade geteilt, der Nonius habe 30 Teilstriche, dann ist die Noniusangabe  $= \frac{1}{2} : 30 = \frac{1}{60}$  Grad = 1 Minute.

### 1. Messung eines Winkels.

Bringe das Winkelmessgerät, auf einem Stativ befestigt, mit Hilfe eines angehängten Lots oder mittels einer sonstigen Zentrier-  
vorrichtung genau zentrisch über den Winkelpunkt. Stelle es wagerecht.

Ziele in rechtsläufiger Reihenfolge sämtliche durch Signale — Fluchtstäbe — bezeichnete Punkte an und vermerke die Ablesungen, wie nachstehend ausgeführt, im Winkelregister (vgl. Muster E und Abb. 51).

Ziele beim Aufsuchen des Fluchtstabes über das Fernrohr und dann erst durchs Fernrohr. Erscheint das Ziel im Gesichtsfeld des Fernrohrs, so drehe die Klemmschraube der Alhidade fest und bewirke die genaue Einstellung mit der Feinstellschraube  $m'$  für die wagerechte Bewegung (Abb. 41).

Ziele stets den Fußpunkt des Fluchtstabes an — der Kreuzpunkt der Fäden sei am Fuß des Fluchtstabes, und der Fluchtstab zwischen den Längsfäden —, ausnahmsweise darf ein Stab höher angezielt werden, aber nur nachdem er genau lotrecht gestellt ist.

### 2. Führung des Feldbuchs, Winkelverzeichnis, Muster E.

Vermerke in Spalte 1 die Nummer des Punktes, auf dem der Theodolit steht, in Spalte 2 die Nummern der von diesem Standpunkte aus anzuzielenden Zielpunkte in rechtsläufiger Reihenfolge; für jeden Punkt eine Zeile. Ziele den äußersten Punkt linkerhand an, lies Nonius I ab, vermerke die Ablesung in Spalte 3; lies Nonius II ab — bei Nonius II nur Minuten und Sekunden —, vermerke die Ablesung in Spalte 4. Mittele beide Ablesungen in Spalte 5; verfähre mit den rechtsläufig folgenden Punkten ebenso.

Schlage das Fernrohr durch. Ziele, beim ersten Punkt beginnend, wieder sämtliche Punkte an, vermerke und mittele die Noniusablesungen für jeden Punkt in den Spalten 6, 7 und 8.

Mittele die Mittel beider Fernrohrlagen in Spalte 9. Berechne den Brechungswinkel zweier Strecken, das ist, bei rechtsläufiger Beobachtung, der linkerhand belegene Winkel, wenn man sich in der Vorwärtsrichtung des Winkelzuges stehend denkt — z. B. bei einem rechtsläufig beobachteten Vieleck der Außenwinkel — in

Spalte 10, durch Subtraktion der Mittel aus Spalte 9. Ist der Subtrahend größer als der Minuend, so addiere zu letzterem  $360^{\circ}$  resp.  $400^{\circ}$  n. T. In Spalte 10 wird die bez. Anfangsrichtung mit Null eingesetzt.

### 3. Absteckung eines Winkels zu einer gegebenen Richtung.

Stelle die Zielachse in die gegebene Richtung, lies beide Nonien ab und mittele die Ablesungen. Addiere zum Mittel den gegebenen Winkel — übersteigt die Summe  $360^{\circ}$  (a. T.) resp.  $400^{\circ}$  (n. T.), so subtrahiere  $360^{\circ}$  bzw.  $400^{\circ}$ . Drehe die Alhidade, bis sich, als Mittel aus beiden Noniusablesungen, die berechnete Sollablesung ergibt.

Z. B. Abzusteckender Winkel  $216^{\circ} 14'$ .

Nach Einstellung auf die gegebene Richtung

$$\text{ergab Non. I} = 83^{\circ} 12'$$

$$\text{Non. II} = - 11'$$

$$\text{Mittel aus I und II} = 83^{\circ} 11' 30''$$

$$\text{Hierzu abzusteckender Winkel} = 216^{\circ} 14' 00''$$

$$\text{Einzustellende Ablesung} = 299^{\circ} 25' 30''$$

$$\text{Nonius I wurde eingestellt auf } 299^{\circ} 25' 30''$$

$$\text{Nonius II ergab } 26' 00''$$

$$\text{Mittel } 299^{\circ} 25' 45''$$

Mithin ist Nonius I um  $-15''$  zu verbessern, also auf  $299^{\circ} 25' 15''$  einzustellen.

Ist die Entfernung  $r$  des Zielpunktes bekannt, so stelle Nonius I auf die Sollablesung ein und stecke die Richtung mit einem Fluchtstab ab. Lies Nonius I ab. Berechne die Verbesserung  $\alpha$  aus dem Mittel beider Noniusablesungen und berechne daraus, um wieviel der Fluchtstab zu verschieben ist nach der Proportion  $\frac{b}{2r\pi} = \frac{\alpha''}{360 \cdot 60 \cdot 60''}$ ;  $b = \frac{r \cdot \pi \alpha''}{648000}$ .

$$\text{Berichtigung} = \frac{\text{Entfernung mal Verbesserung in Sekunden}}{206265}$$

Z. B. Die Entfernung des Zielpunktes in vorstehendem Beispiel betrage 500 m, dann ergibt sich die Berichtigung  $= \frac{500 \cdot -15}{206265} = -0,036 \text{ m} = -36 \text{ mm}$ . Ist die Verbesserung negativ, so muß die Verschiebung nach links erfolgen, andernfalls nach rechts.

### 4. Winkelmessung mit dem Repetitionstheodolit.

Nach zentrischer und wagerechter Aufstellung des Theodoliten, klemme den Limbus mit der Klemmschraube  $k'$  (Abb. 41) an den Dreifuß fest. Löse die Alhidadenklemmschraube  $k$  und stelle den



Nonius I auf  $0^0 0' 0''$  ein. Die Hemmung und Feinstellung mache mit den Schrauben  $k'$  und  $m'$  der Alhidade. Löse die Limbuschraube  $k''$  und richte die Zielachse des Fernrohres auf den Zielpunkt links. Die Hemmung und Feineinstellung mache mit den Limbusschrauben  $k''$  und  $m''$ . Lies beide Nonien ab und vermerke die Ablesung im Feldbuch.

Löse die Alhidade und ziele den Punkt rechts an, die Hemmung und Feinstellung mache mit den Alhidadenschrauben  $k'$  und  $m'$ . Lies als Prüfung für die spätere Ermittlung Nonius I ab. Löse den Limbus, während die Alhidade festgeklemmt bleibt, und richte das Fernrohr zurück auf den Punkt links. Hemme und mache die Feinstellung wieder mit den Limbusschrauben  $k''$  und  $m''$ , löse die Alhidade, während der Limbus festgeklemmt bleibt und richte das Fernrohr wiederholt auf den Punkt rechts. Klemme die Alhidade fest und stelle die Zielachse mit der Alhidadenschraube fein ein. Löse den Limbus und führe das Fernrohr wieder auf den Punkt links. Wiederhole dieses Verfahren so oft, als der Winkel mit Repetition gemessen werden soll. Lies zum Schluß, nach der letzten Einstellung auf den Punkt rechts, beide Nonien ab und vermerke die Ablesungen im Feldbuch. Vermerke ferner die Anzahl der Repetitionen und, wie oft der ganze Kreis durchlaufen wurde. Soll der Winkel in zwei Fernrohrlagen — mit Kompensation — gemessen werden, so mache eine gerade Anzahl von Repetitionen, die Hälfte in der ersten, die andere Hälfte in der zweiten Fernrohrlage. War die Ablesung bei der ersten Einstellung des Fernrohres auf den Punkt links im Mittel =  $\alpha$ , die letzte Ablesung nach der letzten Einstellung auf den Punkt rechts =  $A$ , die Anzahl der durchlaufenen Kreise bzw. der beschriebenen Kreisumfänge =  $m$  und die Anzahl der Repetitionen =  $n$ , so ist der Winkel  $\beta = \frac{A - \alpha + m \cdot 360^0}{n}$ .

Z. B. Es sei ein Winkel mit viermaliger Repetition gemessen — je 2 in jeder Fernrohrlage:

	Nonius I			Nonius II		
	0	'	''	0	'	''
Einstellung auf Ziel links $\alpha = 0$	00	00		179	59	30
„ „ „ rechts (252)	33	20		Kontrollablesung)		
„ „ „ rechts $A$ 290	14	30		110	14	30
$A - \alpha$ 290	14	30		290	15	00
Mittel $290^0$	14'	45''				
2 Kreisumfänge = 720	00	00				
(viermaliger Repetition) daher $n = 4$	1010 <sup>0</sup>	14'	45''	= $\beta = 252^0 33' 41''$		
		4				

### C. Winkelmessung mit der Bussole.

Merke nach der Bauart:

#### 1. Diopterbussole (Abb. 45 a und b).

Umlegbare Diopter, deren Zielachse in der Nord-Südlinie der Bussole liegt.

Nadellänge 9 cm.

Kreisteilung  $1/1^\circ$ .

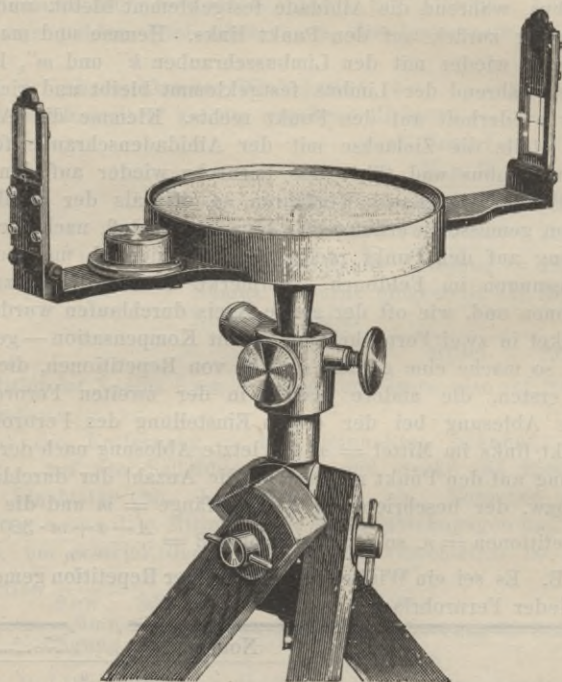


Abb. 45 a.

#### 2. Fernrohrbussole (Abb. 46).

Das Fernrohr ist zum Durchschlagen oder zum Umlegen eingerichtet und zentrisch, so daß die beim Kippen desselben von der Zielachse beschriebene Ebene durch die Nord-Südlinie der Bussole geht, oder es ist exzentrisch angebracht, und die von der Zielachse beschriebene Ebene liegt gleichlaufend der Nord-Südlinie.



Nadellänge . . . . . 9—13 cm,  
Fernrohrvergrößerung 6—20 fach,  
Kreisteilung . . . . .  $1/2^{\circ}$ — $1/3^{\circ}$ ,  
Noniusangabe . . . . . 60"—30''.

### Behandlung der Bussole.

Im allgemeinen beachte das Seite 26 für die Behandlung des Theodolits Gesagte.

Im besonderen beachte, daß die Nadel bei jeder Fortschaffung des Instruments festgeklemmt — arretiert — ist, daß sie aber gelöst wird, wenn die Bussole nach Beendigung der Arbeiten weggesetzt wird.

Bewahre das Innere des Gehäuses, Magnetnadel und Stahlspitze vor Staub und Rost.

### Prüfung und Berichtigung.

Eine für Winkelmessung zu verwendende Bussole muß folgenden Bedingungen genügen:

1. Die Bussole sei frei von Eisen-teilen.
2. Die Magnetnadel liege im Gleichgewicht und sei gehörig empfindlich.
3. Der Auflagerungspunkt der Magnetnadel auf der Stahlspitze sei unveränderlich.
4. Die Libellenachse stehe senkrecht zur lotrechten Achse.
5. Die Zielebene des Diopters bzw. die durch Kippen des Fernrohres von der Zielachse beschriebene Ebene sei lotrecht und gleichlaufend mit der Nord-Südlinie — Nulllinie — der Kreisteilung.

Zu Bedingung 1. Entferne die Gehäuseplatte und nimm die Magnetnadel nebst Stahlspitze aus dem Gehäuse, — löse mit einem Messer den Sprengring, welcher das Deckglas hält, ab, lege die Hand auf das Glas und drehe das ganze Instrument um, so daß Glas und Nadel in die Hand fällt — ohne die versilberte Teilung zu betasten.

Hänge oder lege die Nadel freischwebend auf und bringe das Gehäuse in allen Teilen in deren Nähe. Schlägt die Magnetnadel

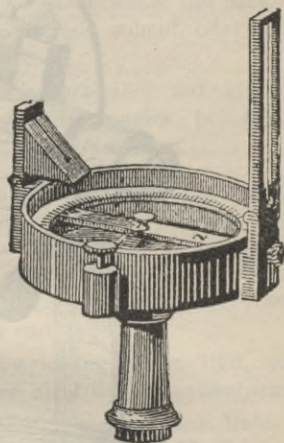
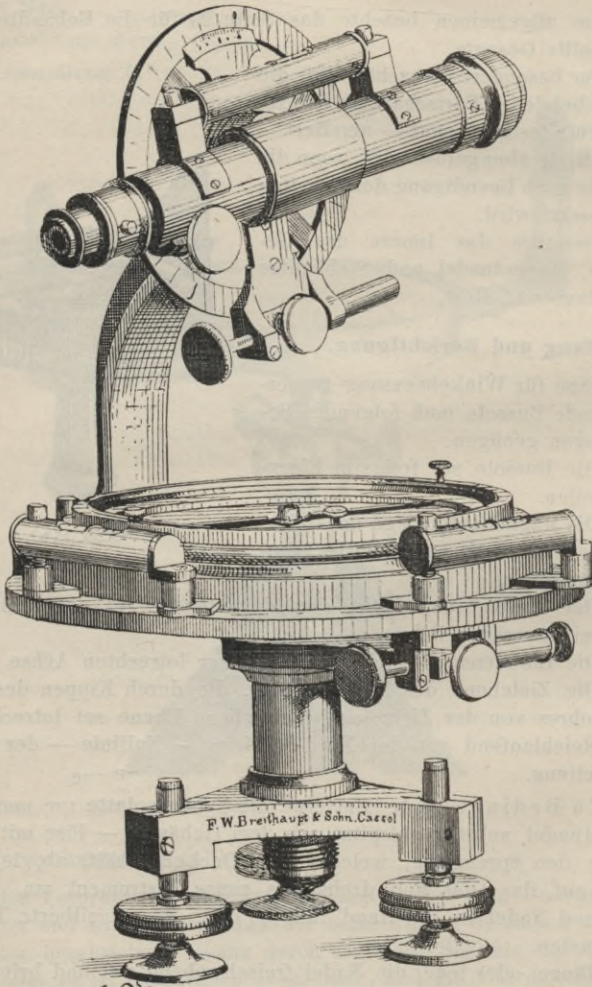


Abb. 45 b.

bei irgend einer Annäherung aus, so ist das Gehäuse nicht frei von Eisen und daher für genauere Messungen nicht zu gebrauchen.

Zu Bedingung 2. Stelle die Bussole mit einer Dosenlibelle wagerecht und beobachte, ob die Nadel in der Höhe des geteilten Kreisringes schwingt.



C. Döring

Abb. 46.



Stelle, wenn nötig, das Gleichgewicht mit dem Ausgleichgewichtchen her oder klebe unter den zu leichten Pol ein Stückchen Wachs.

Lies den Stand der Nadel an der Kreisteilung ab — an beiden Nadelenden — lenke die Nadel mit einem Eisenstäbchen — Messerklinge — ab und beobachte, ob sie selbst die kleinsten Schwingungen regelmäßig ausführt, insbesondere aber, ob sie, zur Ruhe gekommen, den ersten Stand wieder einnimmt. Zeigt sich ein unsicheres oder träges Spielen der Nadel, so ist entweder die Stahlspitze, auf der die Nadel schwingt, abgenutzt und stumpf, oder die Nadel hat eine zu geringe magnetische Kraft.

Ersteres wird durch vorsichtiges Nachschleifen auf einem Ölstein und Nachpolieren auf feinem Schmirgelpapier behoben, letzteres durch mehrmaliges Streichen mit einem Magneten.

Zu Bedingung 3. Lies, beim Nullpunkt der Teilung beginnend, den ganzen Kreis durchlaufend, in gleichen Zwischenräumen den Stand der Nadel ab — Nordende und Südende — z. B. bei  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  bis  $360^{\circ}$ . Bilde den jedesmaligen Unterschied zwischen Nord- und Südablesung. Ist der Unterschied regelmäßig  $180^{\circ}$ , so ist der Auflagerungspunkt unveränderlich und zentrisch.

Ergibt sich überall eine gleiche Abweichung gegen  $180^{\circ}$ , so geht die Verbindung der beiden Nadelspitzen nicht durch das Zentrum.

Ergibt sich eine regelmäßige Zu- bzw. Abnahme des Unterschiedes, so ist die Unterstützung der Nadel exzentrisch.

Ergibt sich eine regellose Abweichung, so bringe die Nadel nach einer genauen Ablesung durch vorsichtigen seitlichen Druck auf das Hütchen aus ihrer Lage. Lenke sie mit einem Eisenstäbchen ab. Weicht die Ablesung nach zur Ruhe gekommenen Nadel ab, so ist der Auflagerungspunkt veränderlich. Die Nadelspitze ist entweder verbogen, oder das Hütchen hat mehrere tiefste Punkte.

Die überall gleiche und die regelmäßig wachsende Abweichung — Exzentrizitätsfehler — sind unschädlich, insofern sie durch Ablesung an beiden Polenden und Mittelung der Ablesungen aufgehoben werden.

Ein regelloser Fehler muß durch Einsetzen eines neuen Hütchens oder einer neuen Stahlspitze beseitigt werden, was am besten vom Mechaniker gemacht wird. Man kann es selbst machen, wenn Ersatzteile und Werkzeuge zum Auswechseln beigegeben sind.

Zu Bedingung 4. Dosen- und Kreuzlibelle werden geprüft und berichtigt wie beim Theodolit (Seite 29) angegeben.

Zu Bedingung 5.

a) **Diopferbussole.** Ziele mit dem Diopter bei einspielender Libelle ein, an langer Schnur, freihängendes Lot an, welches zur Verhütung der Pendelbewegungen in ein mit Wasser gefülltes Gefäß eintaucht. Beseitige eine etwaige Abweichung durch entsprechende Drehung des Okulars oder des Objektivs.

Spanne über die Ost-West-Linie — die 90 bis 270<sup>0</sup>-Linie — einen Faden oder lege ein Diopterlineal scharf an diese Linie und richte danach etwa auf 50 m Entfernung einen Fluchtstab ein. Lies den Stand der Magnetnadel an beiden Nadelenden ab und mittele die Ablesungen. Richte darauf die Süd-Nord-Richtung des Bussolen-Diopters auf den Fluchtstab, mache eine zweite Ablesung an beiden Nadelenden und mittele sie. Ist der Unterschied beider Ablesungen 90<sup>0</sup>, so geht die Zielebene durch die Süd-Nord-Linie, zeigt sich eine Abweichung, so verschiebe das Okular resp. das Objektiv des Diopters seitlich bis sich 90<sup>0</sup> ergibt. Richte dann die Nord-Süd-Richtung des Diopters nach dem Fluchtstab. Mache eine Ablesung, die um 180<sup>0</sup> gegen die vorige abweichen muß.

Einen etwaigen Fehler beseitige durch Verschieben des Okulars resp. des Objektivs für die Nord-Süd-Richtung.

Die Abweichung der Zielebene von der Süd-Nordlinie hat nur Einfluß auf die Bestimmung des magnetischen Azimuts — des Streichwinkels einer Strecke. Für die Messung des Brechungswinkels zweier Strecken ist sie unschädlich.

b) **Fernrohrbussole.** Die Prüfung kann ebenso vorgenommen werden wie bei der Diopferbussole.

Ist das Fernrohr zum Durchschlagen oder Umlegen eingerichtet, so muß die wagerechte Drehachse und die Zielachse denselben Bedingungen genügen wie auf Seite 29 für den Theodolit angegeben. Die Prüfung und Berichtigung geschieht in derselben Weise wie auf Seite 30 für den Theodolit angegeben ist, nur werden die Ablesungen statt an beiden Nonien an beiden Nadelenden gemacht.

Die Richtung der Zielachse zur Süd-Nordlinie kann auch in folgender Weise untersucht und berichtigt werden (Abb. 47):

Setze den in der Mitte durchbohrten Objektivdeckel auf, neige das Okularende nach der Kreisteilung. Schiebe das Okular möglichst weit heraus. Ziele durch die kleine Öffnung des Objektivdeckels den Nordstrich — Nullstrich — der Teilung an, schlage das Fernrohr durch, ziele den Südstrich — 180<sup>0</sup> Strich — an und beobachte, ob in beiden Fällen diese Teilstriche gleichweit vom Rande des Gesichtsfeldes erscheinen. Erscheint der Abstand ungleich, so rücke den Kompaß in seinem Napf um die Hälfte des Fehlers.\*)

\*) Nach F. W. Breithaupt u. Sohn, Kassel.



Bei der Beobachtung stelle das Fernrohr einem Fenster parallel und belichte die zu beobachtende Stelle der Teilung mit einem Taschenspiegel.

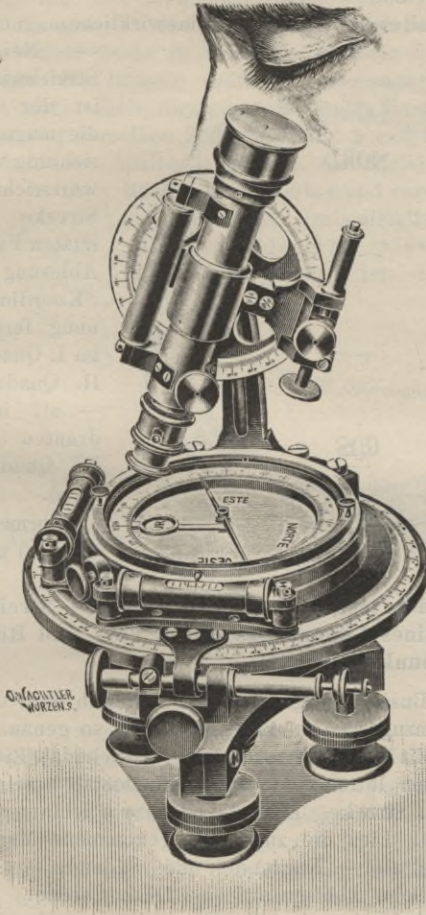


Abb. 47.

### Gebrauch der Bussole und Führung des Feldbuchs.

Stelle zunächst die Art der Kreisteilung fest, weil sich hier nach die Führung des Feldbuchs richtet.

Der Kreis ist entweder von  $0^{\circ}$ — $360^{\circ}$  durchlaufend geteilt oder zweimal von  $0^{\circ}$ — $180^{\circ}$  oder viermal von  $0^{\circ}$ — $90^{\circ}$ .

Die Bezifferung ist nicht wie beim Theodolit rechtsläufig, sondern linksläufig (Abb. 48).

Im ersten Fall ergibt die Ablesung das wirkliche magnetische Azimut

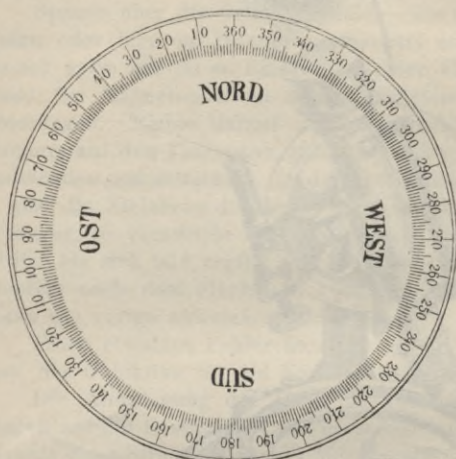


Abb. 48.

— Neigungswinkel, Streichwinkel —, das ist der Winkel, den die magnetische Nordrichtung mit der Vorwärtsrichtung einer Strecke bildet; im letzten Fall ergibt die Ablesung das für die

Koordinatenberechnung fertige Azimut; im I. Quadranten  $\alpha$ , im II. Quadranten ( $180^{\circ} - \alpha$ ), im III. Quadranten ( $\alpha - 180^{\circ}$ ), im IV. Quadranten ( $360^{\circ} - \alpha$ ).

Vermeide Strecken über 50 m Länge.

a) **Messung der magnetischen Neigungen — Streichwinkel — der Strecken eines Linienzuges durch Vor- und Rückblick auf jedem Winkelpunkt (Abb. 49).**

Stelle die Bussole wagerecht und zentrisch über den Anfangspunkt des Linienzuges (Abb. 49  $\circ$  301), eine so genaue Zentrierung wie beim Theodolit ist nicht erforderlich. — Richte die Zielvorrichtung auf den mit einem lotrecht stehenden Fluchtstab bezeichneten Endpunkt der ersten Strecke. Löse die Klemmvorrichtung (Arretierung) der Magnetnadel. Lies die zur Ruhe gekommene Magnetnadel an der Kreisteilung ab — Nordende und Südende. — Teile eines Grades schätze beim Ablesen auf eine Dezimalstelle.

Ist die Bussole zur genaueren Ablesung mit einem Nonius versehen, so lies bei zur Ruhe gekommener Nadel die Grade an der Kreisteilung ab und merke den Stand des Nonius. Bringe den abgelesenen Gradteilstrich mit der Feinstellschraube für die wagerechte Bewegung in Deckung mit der Magnetnadel und lies den Nonius wieder ab. Der Unterschied beider Noniusablesungen ist



gleich dem ursprünglichen Abstand der Magnetnadel vom Teilstrich. Sie ist den abgelesenen Graden zuzuzählen. Trage in Spalte 1 des Feldbuchs (Seite 18, Muster F), die Nummer des Standpunktes und rechts daneben die des Zielpunktes ein. Vermerke in Spalte 2 und 3 die Ablesungen für den Vorblick — Nordende und Südende der Nadel. — Mittele beide in Spalte 4. Klemme die Magnetnadel fest und bringe die Bussole zentrisch und wagerecht über den zweiten Punkt (302). Ziele rückwärts den ersten Punkt an, vermerke die Ablesungen auf derselben Zeile in Spalte 5 und 6 als Rückblick und mittele beide in Spalte 7. Mittele die Mittel aus Vor- und Rückblick in Spalte 8 und verwandele endlich in Spalte 9 die Dezimalstellen durch Multiplikation mit 60 oder 30 — je nachdem der Kreis in  $\frac{1}{1}^0$  oder  $\frac{1}{2}^0$  geteilt ist — in volle Minuten.

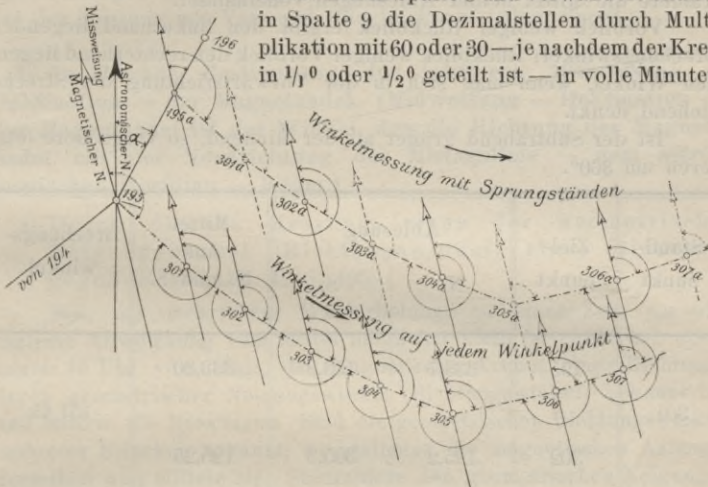


Abb. 49.

Ziele alsdann den folgenden Punkt (303) an, vermerke die Ablesungen unter Vorblick auf der nächstfolgenden Zeile — und setze die Messung und Eintragung in gleicher Weise fort bis zum letzten Punkt.

Ist die Kreisteilung nicht durchlaufend beziffert, sondern von  $0^0$ — $180^0$ , so bemerke vor der Ablesung des Vorblicks durch Beifügung der Buchstaben O. und W., ob das Nordende der Nadel sich in der östlichen oder westlichen Hälfte des Kreises befindet. Geht die Bezifferung, wie bei den amerikanischen Bussolen, von  $0^0$ — $90^0$ , so bemerke durch Hinzufügen der Buchstaben NO., SO., SW., NW. oder durch I, II, III, IV, in welchem Quadranten die Ablesung am Nordende der Nadel gemacht wurde (vgl. Muster F).

Soll der Winkelzug an einen bereits gemessenen Zug, z. B.  $\odot 195 - \odot 196$  (Abb. 49), angeschlossen werden, so stelle die Bussole auf den Anschlußpunkt und miß auch den Streichwinkel der gegebenen Strecke.

b) **Messung des Brechungswinkels zweier Strecken** (Abb. 49).

Stelle die Bussole zentrisch und wagerecht über den Winkelpunkt, ziele rückwärts, löse die Hemmvorrichtung der Nadel, lies bei zur Ruhe gekommenen Nadel an beiden Nadelenden ab und mittele die Ablesungen. Ziele vorwärts und verfähre ebenso. Subtrahiere die Mittel beider Ablesungen voneinander.

Vorblick weniger Rückblick ergibt den linkerhand liegenden Brechungswinkel; Rückblick weniger Vorblick den rechterhand liegenden Winkel, wenn man sich in der Vorwärtsrichtung der Strecke stehend denkt.

Ist der Subtrahend größer als der Minuend, so vergrößere letzteren um  $360^0$ .

Standpunkt	Zielpunkt	Ablesung		Mittel aus N. und S.	Brechungswinkel
		N. 0	S. 0		
301	195	333,7	153,9	333,80	151,45
	302	125,2	305,3	125,25	

$$\begin{aligned}
 & \text{Vorblick} = 125^0,25 + 360^0 = 485^0,25 \\
 - & \text{Rückblick} = 333^0,80 = 333^0,80 \\
 \hline
 & \text{Brechungswinkel} = 151^0,45 \quad (\text{linkerhand}) \\
 & \text{Rückblick} = 333^0,80 \\
 & \text{Vorblick} = 125^0,25 \\
 & \text{Brechungswinkel} = 208^0,55 \quad (\text{rechterhand}).
 \end{aligned}$$

c) **Messung der magnetischen Neigungswinkel — Streichwinkel — eines Linienzuges in Sprungständen.** (Abb. 49.)

Stelle nach Messung des Anschlußwinkels die Bussole auf den zweiten Punkt des Linienzuges und miß daselbst durch Rück- und



Vorblick die Neigungswinkel der Strecken 2—1 und 2—3. Überspringe Punkt 3 und stelle die Bussole auf Punkt 4, miß daselbst die Neigungswinkel der Strecken 4—3 und 4—5.

Setze die Messung, jedesmal einen Punkt überspringend, fort, bis zum Ende. (Vgl. S. 18, Muster F unter C.)

Addiere  $\pm 180^\circ$ , je nachdem die Ablesung kleiner oder größer ist als  $180^\circ$ , zur Ablesung für den Rückblick, so ist das Ergebnis gleich dem magnetischen Neigungswinkel der Vorwärtsrichtung für die betreffende Strecke.

Bei der Messung mit Sprungständen wird die Hälfte der Beobachtungen gespart, doch ist das Ergebnis nicht so genau als bei der Messung mit Vor- und Rückblick auf jedem Punkt.

d) Annähernde Bestimmung der mittleren Mißweisung — Deklination — der Magnetnadel. (Mißweisung — Deklination — der Magnetnadel ist der Winkel, den die Richtung der Magnetnadel mit der Nordrichtung der Mittagslinie — dem astronomischen Meridian — bildet.)

- a) Durch direkte Messung, wenn der geometrische Neigungswinkel (Richtungswinkel) einer Richtung gegeben ist (Abb. 49  $\odot$  195).

Miß, mit mehrfacher Wiederholung, zu einer Zeit, wo die tägliche Abweichung vom Mittel möglichst klein ist (Abb. 50), etwa gegen 10 Uhr vormittags, das magnetische Azimut einer Richtung, deren geometrischer Neigungswinkel (Richtungswinkel) bekannt ist und mittele die Messungen. Sind die geometrischen Richtungswinkel mehrerer Strecken bekannt, so bestimme die magnetischen Azimute derselben und mittele sie. Subtrahiere den geometrischen Neigungswinkel — Richtungswinkel — vom magnetischen Azimut. Der Unterschied beider Neigungen ist gleich der Mißweisung der Magnetnadel. Ist das Ergebnis negativ, so ist die Mißweisung östlich; ist es positiv, so ist sie westlich.

$$\begin{array}{r} \text{Z. B. Magnetisches Azimut (Mittel aus} \\ \text{mehreren Messungen)} = 43^\circ 00' \\ \text{Geometrischer Richtungswinkel} \\ \text{der Strecke} \quad \quad \quad = 29^\circ 11' \\ \hline \text{Mißweisung} \quad \quad \quad + 13^\circ 49' \text{ (westlich)} \end{array}$$

- β) Durch Rechnung aus den Beobachtungen der magnetischen Observatorien.

In der Karte am Schluß des Werkes ist für Deutschland die Mißweisung der Magnetnadel für die Mitte des Jahres 1905 auf Grund

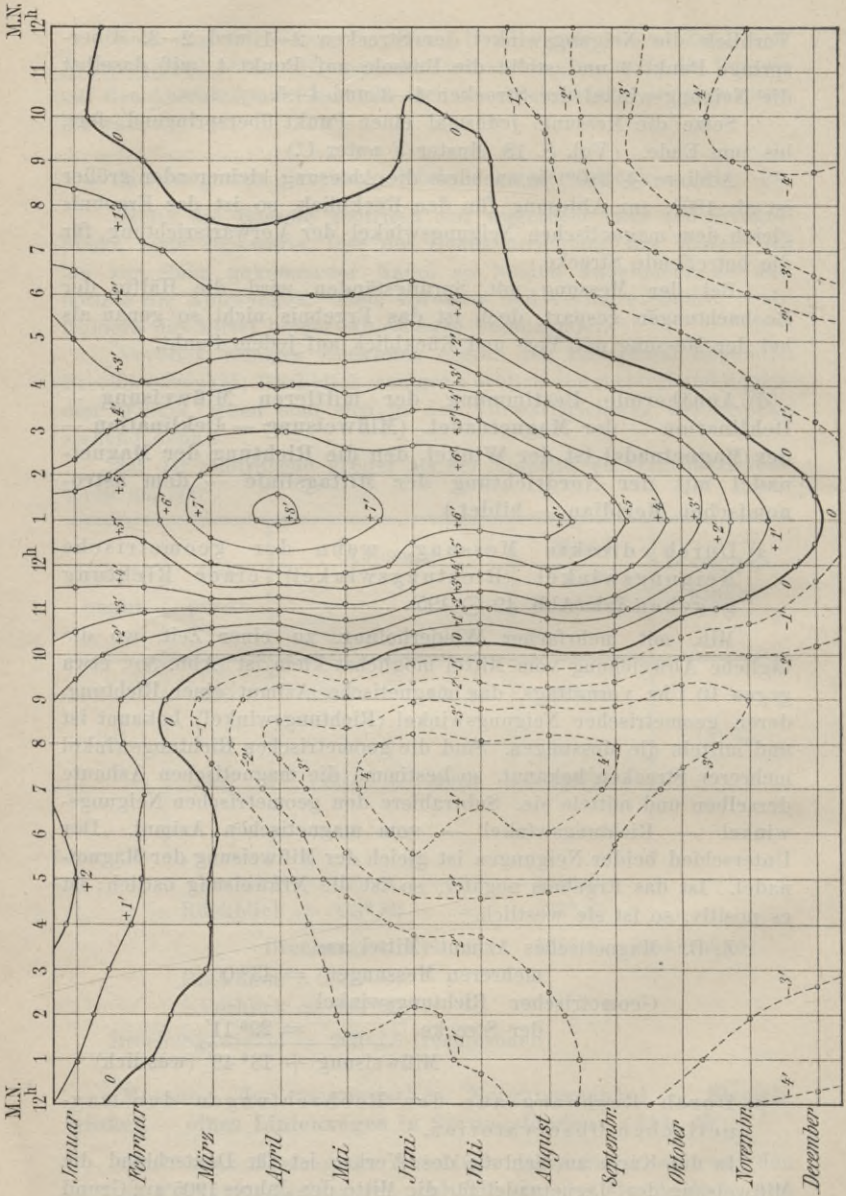


Abb. 50.



einer Veröffentlichung des Dr. J. B. Messerschmitt (Zeitschr. für Verm.-Wesen 1903, S. 683) vom Verfasser dargestellt.

Stelle an der Hand einer Landkarte die geographische Länge und Breite des Ortes, für den die Mißweisung bestimmt werden soll, fest und übertrage ihn in diese Karte, aus der die Mißweisung zu lesen ist.

Das Ergebnis ist jedoch nur als ein Näherungswert zu betrachten, der um  $\frac{1}{2}^{\circ}$  von der Wirklichkeit abweichen kann.

Die Mißweisung nimmt jährlich ab. Die jährliche Abnahme beträgt für Deutschland gegenwärtig annähernd  $5'$ .

Für den praktischen Gebrauch kommen noch die täglichen Änderungen der Mißweisung in Betracht. In den Morgenstunden ist die beobachtete Deklination größer und in den Abendstunden kleiner als der tägliche Mittelwert. Auch sind die Schwankungen in den verschiedenen Jahreszeiten ungleich groß.

In Abb. 50\*) stellen die Kurven den täglichen Gang, behaftet mit der säkularen Änderung, für die Mitte des Monats dar.

Von links nach rechts gelesen, ergibt die Tafel die täglichen Schwankungen, von oben nach unten gelesen, die Schwankungen zur selben Stunde in den verschiedenen Jahreszeiten.

#### e) **Koordinatenberechnung der Vieleckspunkte** (Abb. 51, Muster G).

Stelle aus Muster E, Spalte 10, die reduzierten Mittel in Muster G, Spalte 3, zusammen. Vergleiche deren Summe mit dem Soll der Summe der Außenwinkel

$$S = (n + 2) \cdot 180^{\circ}$$

und verteile den Unterschied, wenn er nicht mehr wie  $1,5 \sqrt{n}$  beträgt, gleichmäßig auf alle Punkte; schreibe in Spalte 4 den gegebenen Neigungswinkel (Richtungswinkel). — Neigungs- oder Richtungswinkel ist der Winkel, den die Nordrichtung resp. die Achse des Koordinatensystems mit der Vorwärtsrichtung der Strecke bildet.

Bilde die Richtungswinkel der rechtsläufig folgenden Strecken. Sie werden erhalten durch Addition des jeweiligen Brechungswinkels zum vorhergehenden Neigungswinkel vermindert um  $180^{\circ}$

$$\alpha_{2-3} = (\alpha_{1-2} + \beta_2) - 180^{\circ}.$$

Bilde die Spaltensumme der Strecken (Spalte 5), schlage die Logarithmen der Strecken und die Logarithmen der Sinus- und Kosinusfunktionen der Neigungswinkel auf

\*) Zeitschrift für Verm.-Wesen 1903, S. 685. Dr. J. B. Messerschmitt, München.

	I.	II.	III.	IV.
	Quadrant			
$\sin \alpha =$	$\sin \alpha$	$\sin(180^\circ - \alpha)$	$-\sin(\alpha - 180^\circ)$	$-\sin(360^\circ - \alpha)$
$\cos \alpha =$	$\cos \alpha$	$-\cos(180^\circ - \alpha)$	$-\cos(\alpha - 180^\circ)$	$+\cos(360^\circ - \alpha)$

Bilde in Spalte 7 die Summe der Logarithmen und schreibe in Spalte 8 und 9 den zugehörigen Numerus.

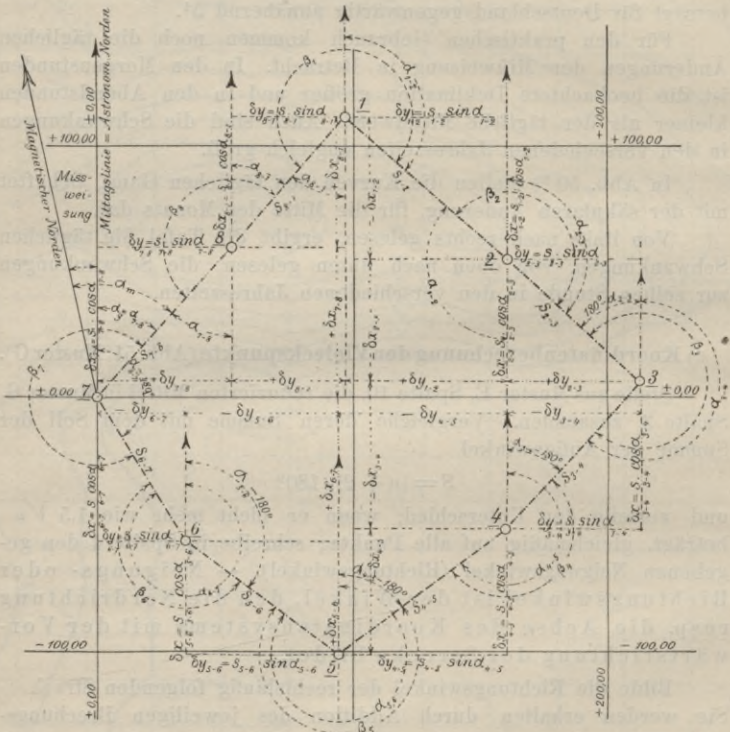


Abb. 51.

Bilde die Spaltensumme von 8 und 9, mittele das Ergebnis und verteile den Fehler proportional der Streckenlänge. Stelle in Spalte 10 die Koordinaten zusammen durch Addition der entsprechenden Koordinatenunterschiede aus Spalte 8 und 9.



### III. Abschnitt.

## Nivellieren (Einwägen).

#### Nötiges Personal:

Bei Liniennivellements — Längen und Querschnitten — ein Techniker, zwei bis drei Meßgehülfen. Bei Flächennivellements zwei Techniker, zwei bis drei Meßgehülfen.

#### Werkzeuge:

Ein Nivellierinstrument (Abb. 52), ein bis zwei Nivellierlatten (Abb. 54), zwei Fußplatten (Abb. 56 a, b), ein Stahlband mit Richtstäben und zehn Zählstäbchen (Abb. 1 bis 3) oder zwei Meßlatten, zwei Lote, eine Setzlatte (Abb. 74).

Ein Tragkorb, enthaltend: Nummerpfähle 0,6 bis 1,0 m lang,  $\frac{3}{6}$  cm; Grundpfähle 0,3—0,5 m lang,  $\frac{4}{4}$  cm; einen Schlägel, Beil und Säge, Farbstift oder Pinsel mit Ölfarbe.

#### Behandlung, Prüfung und Berichtigung der Instrumente.

## Nivellierinstrument.

Merke nach der Bauart:

#### A) Einfaches Nivellierinstrument (Abb. 52).

Fernrohr und Libelle fest verbunden mit dem Fernrohrträger. Wegen der einfachen Bauart besonders dauerhaft und leicht zu berichtigen. Für Nivellements mittlerer Genauigkeit — Längen und Querschnitte — ausreichend.

#### B) Nivellierinstrument für Fein- bzw. Festpunktnivellements.

Fernrohr und Libelle nicht mit dem Fernrohrträger fest verbunden. Entweder das mit einer Reversionslibelle verbundene Fernrohr in einem Lager drehbar (Abb. 61 und 62) oder Fernrohr und Libelle gesondert, zum Umsetzen eingerichtet (Abb. 63).

#### C) Nivellierinstrument mit Kippschraube (Abb. 45 a und b).

Fernrohr und Libelle miteinander verbunden mit Feinbewegung um eine wagerechte Achse (Abb. 64 und 66).

Allgemeines.  
**Zweckmäßiges Verhältnis der Libellenempfindlichkeit zur Fernrohrvergrößerung.**

Zweck des Nivellements	Libellenempfindlichkeit	Fernrohrvergrößerung
Aufnahme von Querschnitten . . . .	15" bis 30"	15 bis 25 fach
Aufnahme von Längenschnitten ..	10" bis 15"	25 bis 30 "
Festpunkts- und Feinnivellements.	3" bis 6"	35 bis 45 "

**Behandlung der Instrumente.**

Im allgemeinen beachte das, was auf Seite 26 für die Behandlung des Theodolit gesagt wurde.

Im besonderen vermeide jede Erschütterung des Nivellier-Instruments und setze es nie den Sonnenstrahlen aus. Nivelliere bei Sonnenschein nur unter einem Feldschirm. Bewahre die Nivellierlatten an einem trockenen Ort liegend auf und lege sie im Felde nie auf den feuchten Boden. Schone die Teilung.

**Aufstellung des Nivellierinstrumentes.**

Gib dem Stativ einen solchen Stand, daß der Kopf *J* eine möglichst wagerechte Lage einnimmt. — Stelle zwei Beine fest und schwenke das dritte ein. — Drücke die Füße fest in den Boden und ziehe die Flügelmuttern der Stativbeine an. Setze das Instrument mit der linken Hand auf das Stativ, so daß die Spitzen der Dreifußstellschrauben *S S' S''* (Abb. 52) in die auf dem Stativkopf befindlichen Nuten zu stehen kommen und schraube, mit der rechten Hand den Kränzelkopf *M* fassend, die Schraubenstange *E* an den Dreifuß.

Entferne die Schutzdeckel von Objektiv und Okular und bringe das Okular in eine für das Auge richtige Stellung zum Fadenkreuz. (Vergl. Seite 29, Abb. 44, Theodolitfernrohr.) Bringe das Fernrohr in eine gleichlaufende Lage zu den zwei Stellschrauben *S* und *S'* des Dreifußes und bringe die Libellenblase mit diesen zum Einspielen, gleichzeitig die eine Schraube rechts und die andere links herumdrehend (Abb. 53). Führe das Fernrohr über die dritte Stellschraube *S''*, also rechtwinklig zur ersten Lage, und bringe die Libelle mit dieser Stellschraube allein zum Einspielen. Wiederhole das Verfahren, bis die Libelle in jeder Fernrohrrichtung einspielt.

Beim Umdrehen fasse nie das Fernrohr, sondern nur den Träger *T* an und behalte möglichst den einmal eingenommenen Standort zwischen zwei Stativbeinen bei, um jede Erschütterung zu vermeiden.



### Prüfung der Libellenempfindlichkeit.

Nach Wagerechthestellung des Instruments bringe das Fernrohr über eine Dreifußstellschraube und miß von der Mitte des Instrumentenstandes eine Strecke von 50—100 m ab. Stelle daselbst eine Nivellierlatte (Abb. 54) genau lotrecht auf eine feste Unterlage — Pfahl oder Fußplatte —. Stelle mit der Dreifußstellschraube (auch mit der Kippschraube) den wagerechten Faden — Quer-

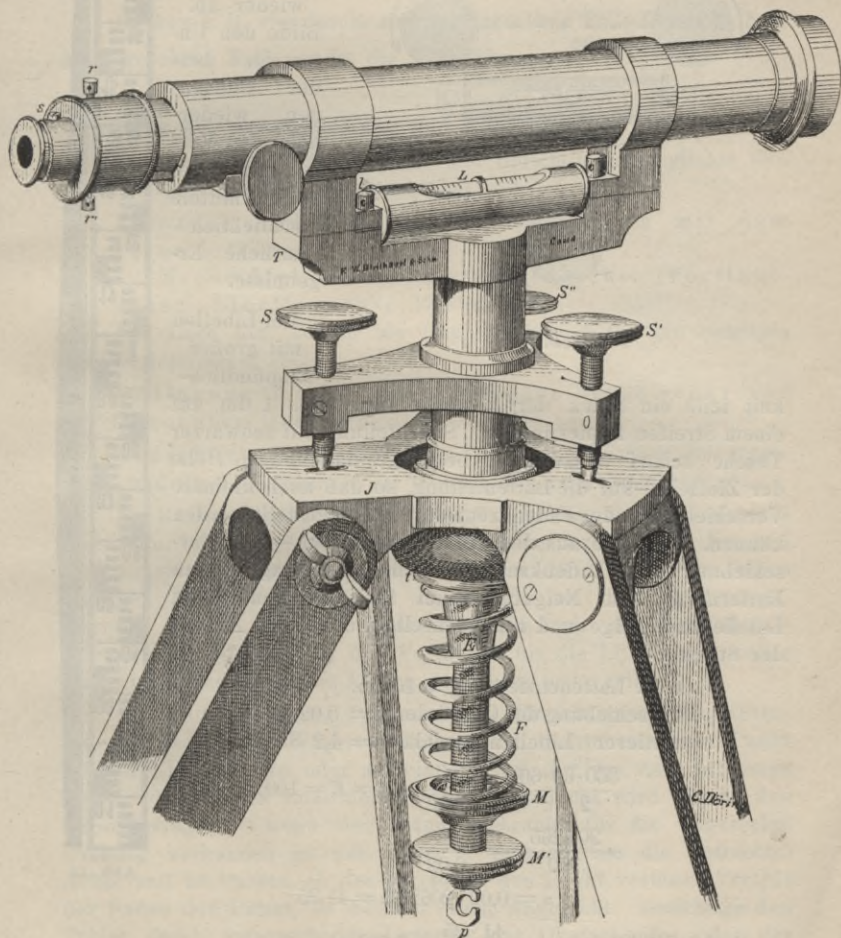


Abb. 52

faden — des Fadenkreuzes auf die Mitte eines weißen Feldes der Lattenteilung, lies den Stand der Libelle an beiden Blasenenden ab. Verschiebe den Querfaden mit der Dreifußstellschraube oder der Kippschraube auf die Mitte des nächsten weißen Feldes der Lattenteilung, lies den

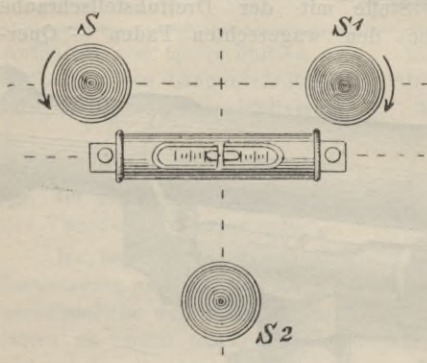


Abb. 53.

Stand der Libellenblase wieder ab. Bilde den Unterschied beider Ablesungen, wiederhole das Verfahren mehreremal und mittel schließlich sämtliche Ergebnisse.

Bei Libellen mit großer Empfindlichkeit teile ein Stück der Lattenteilung, etwa 1 dm, auf einem Streifen Papier in 2 mm, Strichteilung mit schwarzer Tusche scharf ausgezogen, befestige dasselbe in Höhe der Zielachse auf die Lattenteilung, so daß auch kleinere Verschiebungen des Fadenkreuzes genau eingestellt werden können. Berechne aus dem Höhenunterschied — der Verschiebung des Fadenkreuzes — und der wagerechten Entfernung den Neigungswinkel für die gemittelten Libellenausschläge und teile denselben durch die Anzahl der Striche:

z. B. Lattenentfernung = 100 m.  
 Verschiebung des Querfadens = 0,020 m,  
 mittlerer Libellenausschlag = 4,2 Strich.

$$\frac{360 \cdot 60 \cdot 60''}{2 r \pi} = \frac{\alpha''}{0,02} ; r = E = 100 \text{ m,}$$

$$\frac{206265}{100} = \frac{\alpha''}{0,02} ,$$

$$\alpha = 0,02 \cdot 2062,65 = 41,25''$$

$$\text{Empfindlichkeit} = e = \frac{41 \cdot 25}{4,2} = 9,82''$$

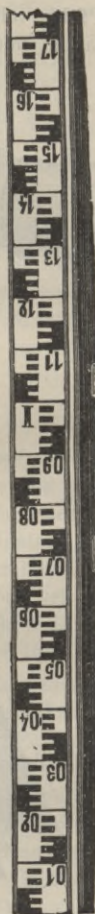


Abb. 54



### Prüfung der Fernrohrvergrößerung.

Ziele mit dem rechten Auge durchs Fernrohr und gleichzeitig mit dem linken Auge nebenher eine Nivellierlatte an. Bringe beide Bilder in Deckung und zähle, wie viel durchs Fernrohr gesehene Teile die mit bloßem Auge gesehene Teile decken. Die Anzahl der letzteren dividiert durch die Anzahl der ersten, gibt die Vergrößerung.

Decken z. B. vier durchs Fernrohr gesehene Teile 48 mit bloßem Auge gesehene Teile, so ist die Vergrößerung  $\frac{48}{4} = 12$  fach.

### Prüfung der Achsenstellung und Berichtigung.

Behalte während der Prüfung und Berichtigung möglichst den einmal eingenommenen Standpunkt bei.

A. Fernrohr und Libelle fest verbunden mit dem Fernrohrträger.

Merke drei Achsen: Lotrechte Achse (Vertikalachse), Libellenachse, Zielachse.

Die Lage der Achsen als Hauptbedingung für ein richtiges Nivellierinstrument sind:

Bedingung 1: Die Libellenachse stehe senkrecht zur lotrechten Drehachse.

Bedingung 2: Der Querfaden des Fadenkreuzes sei wagerecht, und die Libellenachse sei gleichlaufend der Zielachse.

Zu Bedingung 1: Bringe die Libellenblase in zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen über den Dreifußstellschrauben zum Einspielen. Drehe das Fernrohr um 180°. Beseitige einen etwaigen Ausschlag der Blase zur Hälfte mit der Libellenrichtschraube  $l$  (Abb. 40), zur anderen Hälfte mit der Dreifußstellschraube  $S_2$ . Wiederhole das Verfahren bis die Libelle bei voller Umdrehung des Fernrohrs keinen Ausschlag mehr zeigt.

Zu Bedingung 2: **Prüfung und Berichtigung des Querfadens.** Merke nach Wagerechtstellung des Instruments einen Punkt auf der Nivellierlatte oder auf einer Wand, der von dem äußersten linken oder rechten Ende des Querfadens gedeckt wird. Drehe den Fernrohrträger — wenn eine Feinstellschraube für die wagerechte Drehung vorhanden ist mit dieser — langsam um die (lotrechte) Achse und beobachte, ob der Querfaden den Punkt verläßt. Verläßt der Faden den Punkt, so liegt er nicht wagerecht. Berichtige den Fehler durch entsprechende Drehung des Okularkopfes oder der Fadenkreuzblende (siehe Seite 31, Bericht. des Theod.).

**Prüfung und Berichtigung der Achsenstellung durch Gegenzielen.**

Wähle zwei sichere, etwa 100 m voneinander liegende feste Punkte *A* und *B* (Abb. 55). — Wagerecht abgeschnittene Pfähle oder zwei festgeschlagene Fußplatten (Abb. 56 a, 56 b).

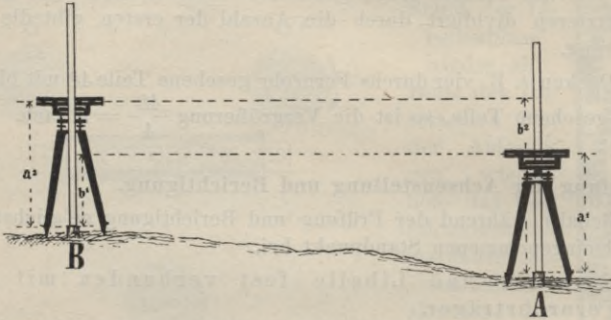


Abb. 55.

Stelle das Instrument zuerst bei *A* wagerecht auf. Miß die Höhe der Zielachse *a* über *A*. Am einfachsten, indem das Instrument so nahe an eine auf *A* lotrecht stehende Nivellierlatte gestellt wird, daß das der Latte zugekehrte Okular nur einige Zentimeter von



Abb. 56 a.

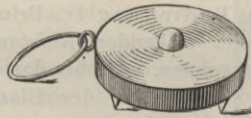


Abb. 56 b.

dieser entfernt ist. Vermerke, durchs Objektiv schauend, die Mitte des Gesichtsfeldes auf der Nivellierlatte etwa mit einer feinen Nadel oder der Kante eines schwarzen Dreiecks und lies die Höhe *a* direkt an der Latte ab (Abb. 57).

Stelle dann die Nivellierlatte auf Punkt *B* lotrecht und mache, bei genau einspielender Libellenblase, eine Ablesung *b*<sub>1</sub>. Bringe das Nivellierinstrument nach Punkt *B*, stelle die Höhe der Zielachse in derselben Weise fest = *a*<sub>2</sub> und lies auf der nach *A* gebrachten Nivellierlatte die Zielhöhe *b*<sub>2</sub> ab, dann ist ein etwaiger Fehler =

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{b_1 + b_2}{2}$$



Wird  $x$  positiv, so ist das Fadenkreuz mit Hülfe der Schrauben  $r r_1$  herunterzuschrauben — die eine Schraube ist zuerst so viel zu lösen wie die andere angezogen werden soll. — Ist  $x$  negativ, so ist das Fadenkreuz mit den Schrauben  $r r_1$  heraufzuschieben.

Z. B. Zielachsenhöhe über  $A$ ,  $a_1 = 1,465$ ; Zielhöhe über  $B$ ,  $b_1 = 1,980$

$$\frac{a_1 + a_2}{2} = \frac{2,916}{2} \qquad \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{2,911}{2}$$

$$x = 1,458 - 1,455 = +0,003.$$



Abb. 57.

Das Fadenkreuz ist also mit den Schrauben  $r r_1$  (Abb. 52) bzw. den Schrauben  $A A$  (Abb. 58) so viel herunterzuschieben, daß sich über Punkt  $A$  (Abb. 55) statt der Ablesung  $b_2 = 0,930$  die Zielhöhe 0,933 ergibt.

**Prüfung des Fernrohrzugs (Abb. 59).**

**Bemerkung :** Die Prüfung und Berichtigung der Zielachse kann bei dieser Untersuchung gleichzeitig gemacht werden. Stecke nach Berichtigung der Zielachse (siehe S. 54)

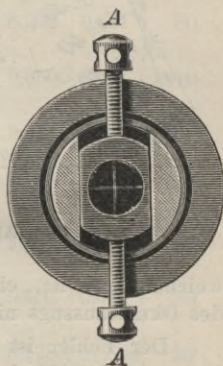


Abb. 58.

einen Kreisbogen von 50—100 m Radius ab — die Länge des Radius stehe im direkten Verhältnis zur Empfindlichkeit der Libelle und der Fernrohrvergrößerung —, dessen Sehne gleich dem Radius ist und bezeichne ihn mit etwa 10 festen Pfählen, die wagerecht abzuschneiden sind. Stecke den Mittelpunkt des Kreises von der Sehne aus ab, durch Errichten einer Senkrechten in der Mitte der Sehne von der Länge  $\frac{r}{2}\sqrt{3}$  und schlage daselbst einen festen Pfahl ein oder lege die Fußplatte hin. Stelle das Instrument unmittelbar vor den Mittelpunkt  $C$  wagerecht und bestimme durchs Objektiv zielend die Zielachsenhöhe (Abb. 57). Ermittle nunmehr von  $C$  aus die Zielhöhen über jedem Pfahl des Kreisbogens, ohne den Okularauszug zu verschieben, zwei- bis dreimal und berechne aus dem Mittel die Höhen

der einzelnen Punkte. Stelle dann das Instrument vor Punkt *A*, bestimme die Höhe der Zielachse über *A*, ermittle die Zielhöhe über *B* und *C* und bilde daraus die Höhenunterschiede zwischen *AC* und *AB*, welche den vorher ermittelten gleich sein müssen, wenn kein Zielachsenfehler vorhanden ist. Ist ein Zielachsenfehler vorhanden, so berichtige ihn, wie Seite 54 und 55 angegeben, und verbessere die für die

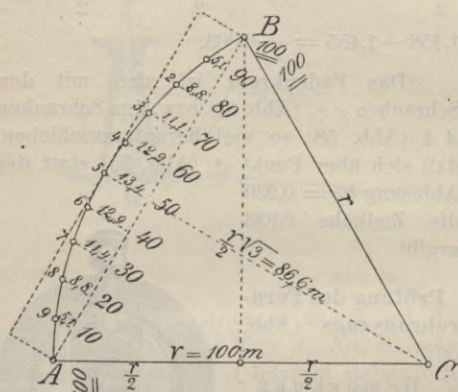


Abb. 59.

Punkte 1—9 und *B* gemachten Ablesungen. Ermittle ferner von *A* aus die Zielhöhen für sämtliche Bogenpunkte der Reihe nach wiederholt her und hin, wobei der Okularauszug in ganzer Länge gebraucht wird, und berechne deren Höhen, bezogen auf dieselbe wagerechte Ebene wie vorher. Vergleiche sie mit der aus dem Mittelpunkt gemachten Messung. Zeigt sich eine erhebliche Ab-

weichung, so ist, eine richtige Messung vorausgesetzt, der Gang des Okularauszugs nicht regelmäßig.

Der Fehler ist entweder vom Mechaniker zu beseitigen, oder es ist auf dem Okularauszug die Stelle zu kennzeichnen, bei der die



Abb. 60.

Unregelmäßigkeiten beginnen, und der Okularauszug ist bei genauen Messungen, namentlich für die Wechsellpunkte, nur bis dahin zu gebrauchen.

Beispiel:  $R = 100 \text{ m}$ .



Die wagerechte Ebene, auf welche die Höhen bezogen sind, liegt 10,0 m unter C.

Lattenstandpunkt	Zielhöhe	Höhe der Zielachse	Höhe des Punktes	Lattenstandpunkt	Zielhöhe	Höhe der Zielachse	Höhe des Punktes	Unterschied	Entfernung von C
C	1,345	11,346	10,000	C	0,983	10,983	10,000	0,000	100
	1,347				0,983				
B	1,683		9,663	B	1,321		9,662	0,001	100
	1,683				1,321				
A	1,934		9,4115	A	1,573		9,411	0,0005	100
	1,935				1,571				
1	2,003		9,343	1	1,643		9,341	0,002	90
	2,003				1,641				
2	2,412		8,933	2	2,051		8,932	0,001	80
	2,414				2,051				
3	1,984		9,3615	3	1,623		9,3605	0,001	70
	1,985				1,622				
4	1,962		9,384	4	1,599		9,384	0,000	60
	1,962				1,599				
5	1,753		9,5925	5	1,390		9,592	0,0005	50
	1,754				1,392				
6	1,846		9,4995	6	1,484		9,4985	0,001	40
	1,847				1,485				
7	1,921		9,424	7	1,579		9,403	0,021	30
	1,923				1,581				
8	2,031		9,214	8	1,803		9,1785	0,0355	20
	2,033				1,806				
9	1,946		9,401	9	1,630		9,351	0,050	10
	1,944				1,634				

Bei einer Zielweite von 30 m beginnen die Abweichungen. Das Instrument ist daher bei genauer Messung für kurze Zielweiten nicht zu gebrauchen.

### Prüfung und Berichtigung der Achsenstellung durch Zielen aus der Mitte (Abb. 60).

Stelle das Instrument wagerecht auf, miß nach zwei Seiten zwei gleiche Strecken von etwa 50 m ab. Schlage daselbst Pfähle A und B ein oder lege die Fußplatten hin. Bestimme die Zielhöhen über A und B und daraus den Höhenunterschied zwischen A und B, der mathematisch genau wird, auch wenn die Achsen nicht

gleichlaufend sind. Stelle nun das Instrument vor *A* oder *B* und bestimme, durchs Objektiv schauend, die Zielachsenhöhe über diesem Punkt. Addiere oder subtrahiere davon den Höhenunterschied beider Punkte, je nachdem der entfernte Punkt höher oder tiefer liegt, und verschiebe das Fadenkreuz, bis sich auf dem entfernten Punkt eine entsprechende Ablesung ergibt.

Z. B.:	I.	II.
	aus der Mitte	aus dem Endpunkt
	Zielhöhe bei <i>A</i> = 1,313	1,106
	" " <i>B</i> = 2,916	2,704
	$h_u$ 1,603	$h_u$ 1,598

Die Zielachse ist demnach nicht gleichlaufend mit der Libellenachse. Das Fadenkreuz ist zu verschieben, bis sich auf der Latte bei *B* die Zielhöhe  $1,106 + 1,603 = 2,709$  statt 2,704 ergibt.

### **Einfluß der Achsenfehler auf die Messung und Aufheben derselben.**

Der Fehler der Libellenachse gegen die lotrechte Achse ist leicht zu erkennen und zu berichtigen.

Ist aber eine Berichtigung unter besonderen Umständen nicht möglich, z. B. aus Zeitmangel oder wegen schlechten Wetters, so bestimme den Spielpunkt der Libellenblase und stelle sie auf diesen ein, d. h. bestimme den fehlerhaften Ausschlag durch Drehung um  $180^\circ$  und beseitige die Hälfte desselben mit den Dreifußstellschrauben, bis die Blase auch bei voller Umdrehung ihre Stellung nicht verändert.

Den Zielachsenfehler hebe auf durch Nivellieren mit gleichen Zielweiten aus der Mitte, namentlich für die Wechselpunkte.

### **Zu B. Fernrohr und Libelle nicht mit dem Fernrohrträger fest verbunden.**

a) Fernrohr mit einer Reversionslibelle verbunden, in einem Lager drehbar (Abb. 61 und 62).

a) Prüfung der Reversionslibelle auf richtigen Schliff. \*)

Stelle in etwa 50 m Entfernung eine Nivellierlatte, an eine Mauer gelehnt, genau lotrecht auf feste Unterlage.

Stelle das Stativ so, daß die Zielachse des Fernrohrs nach der Latte gerichtet über einer Dreifußstellschraube liegt.

\*) Nach Mitteilungen von O. Fennel Söhne in Cassel.



Mache in beiden Fernrohrlagen bei genau einspielender Libellenblase je eine Ablesung und vermerke sie untereinander. Ändere den Winkel zwischen Libellenachse und Zielachse mit den senkrecht wirkenden Richtschraubchen der Libelle. Mache wiederum zwei Ablesungen. Dies Verfahren wiederhole etwa fünfmal.

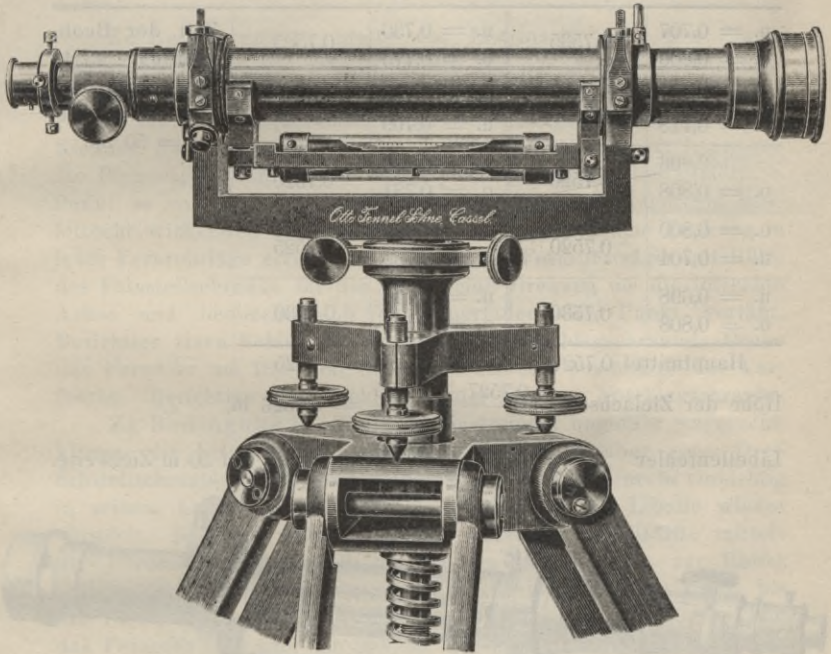


Abb. 61.

Setze nun die Libelle in ihrem Lager um und mache weitere fünf Paar Ablesungen. Addiere die Mittel jeder Reihe und dividiere sie durch die Anzahl der Mittel. Diese Hauptmittel vergleiche miteinander. Der halbe Unterschied beider ist der Libellenfehler, der so klein sein muß, daß er gegen die mittleren Fehler einer einzelnen Ablesung erheblich zurücktritt.

Liegt die Libelle seitwärts der Zielachse (Abb. 62), so beobachte einmal mit rechts liegender, das andere mal mit links liegender Libelle.

Beispiel.

die mit + bezeichnete Seite der Libelle liegt nach dem Objektiv zu		die mit — bezeichnete Seite der Libelle liegt nach dem Objektiv zu		Bemerkungen
Lattenablesung	Mittel	Lattenablesung	Mittel	
u. = 0,707 o. = 0,800	0,7535	u. = 0,730 o. = 0,775	0,7525	Zeit der Beobachtung 23./4., Temperatur 12 <sup>0</sup> . Lattenabstand = 50 m.
o. = 0,787 u. = 0,718	0,7530	o. = 0,796 u. = 0,709	0,7525	
u. = 0,696 o. = 0,808	0,7520	u. = 0,723 o. = 0,781	0,7520	
o. = 0,800 u. = 0,704	0,7520	o. = 0,770 u. = 0,735	0,7525	
u. = 0,698 o. = 0,808	0,7530	u. = 0,745 o. = 0,761	0,7530	

Hauptmittel 0,7527

Hauptmittel 0,7525

$$\text{Höhe der Zielachse} = \frac{0,7527 + 0,7525}{2} = 0,7526 \text{ m,}$$

$$\text{Libellenfehler} = \frac{0,7527 - 0,7525}{2} = 0,0001 \text{ auf 50 m Zielweite.}$$

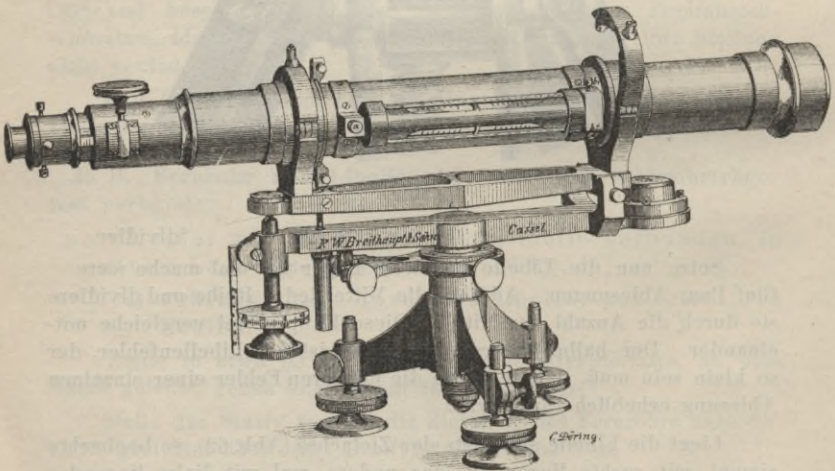


Abb. 62.



### Prüfung und Berichtigung der Achsenlage.

Bedingung 1. Zielachse und Ringachse sollen zusammenfallen, und der Querfaden des Fadenkreuzes sei wagerecht.

Bedingung 2. Die Ringachse liege gleichlaufend der Libellenachse.

Bedingung 3. Die Libellenachse stehe senkrecht zur lotrechten Achse.

Zu Bedingung 1. Stelle das Instrument auf dem Stativ wagerecht, bringe das Okular in die für das Auge passende Entfernung zum Fadenkreuz (Abb. 44), ziele einen 50—100 m entfernten Punkt auf der Nivellierlatte oder einer weißen Mauerfläche an. Klemme die Feinstellung, drehe das Fernrohr in seinem Lager um die Ringachse. Verläßt der Schnittpunkt der Fäden den gemerkten Punkt, so verschiebe das Fadenkreuz mit Hülfe der wagerecht bzw. lotrecht wirkenden Richtschraubchen, bis vollkommene Deckung in jeder Fernrohrlage erreicht ist. Drehe den Fernrohrträger mit Hülfe der Feinstellschraube für die wagerechte Drehung um die lotrechte Achse und beobachte, ob der Querfaden den Punkt verläßt. Berichtige einen Fehler mit der vorderen Anschlagschraube. Drehe das Fernrohr um  $180^\circ$  um die Ringachse und wiederhole das Verfahren. Berichtige einen Fehler mit der hinteren Anschlagschraube.

Zu Bedingung 2. Stelle das Instrument ungefähr wagerecht, klemme die Feinstellung und bringe die Libelle über einer Dreifußstellschraube genau zum Einspielen. Drehe das Fernrohr vorsichtig in seinem Lager um  $180^\circ$  und beobachte, ob die Libelle wieder einspielt. Beseitige einen etwaigen Ausschlag zur Hälfte mittels der lotrecht wirkenden Richtschrauben der Libelle, zur Hälfte mittels der Dreifußstellschrauben. Wiederhole das Verfahren, bis die Libelle in beiden Fernrohrlagen nahezu einspielt. Drehe nun das Fernrohr im Lager um  $90^\circ$ , so daß die Libelle beim Instrument (Abb. 44b) seitlich, bei Abb. 44c oben liegt, und beseitige den ganzen Ausschlag mit den entsprechenden, in dieser Lage lotrecht wirkenden Richtschrauben der Libelle.

Bringe die Libelle in die richtige Lage zurück und wiederhole die Berichtigung, bis die Libelle in beiden Fernrohrlagen einspielt.

Eine kleine Abweichung bei seitlicher Lage der Libellenskala schadet nichts.

Zu Bedingung 3. Stelle das Instrument im allgemeinen wagerecht und bringe die Libelle über einer Dreifußstellschraube genau zum Einspielen. Drehe den Fernrohrträger um  $180^\circ$  und beseitige einen etwaigen Ausschlag der Libellenblase zur Hälfte durch einseitiges Heben oder Senken des Fernrohrs in einer Lagergabel,

z. B. bei Abb. 61 mittels der entsprechenden Richtschraube, seitlich an der vorderen Lagergabel —, bei Abb. 62 mit der Kippschraube] —, zur anderen Hälfte mit der Dreifußstellschraube.

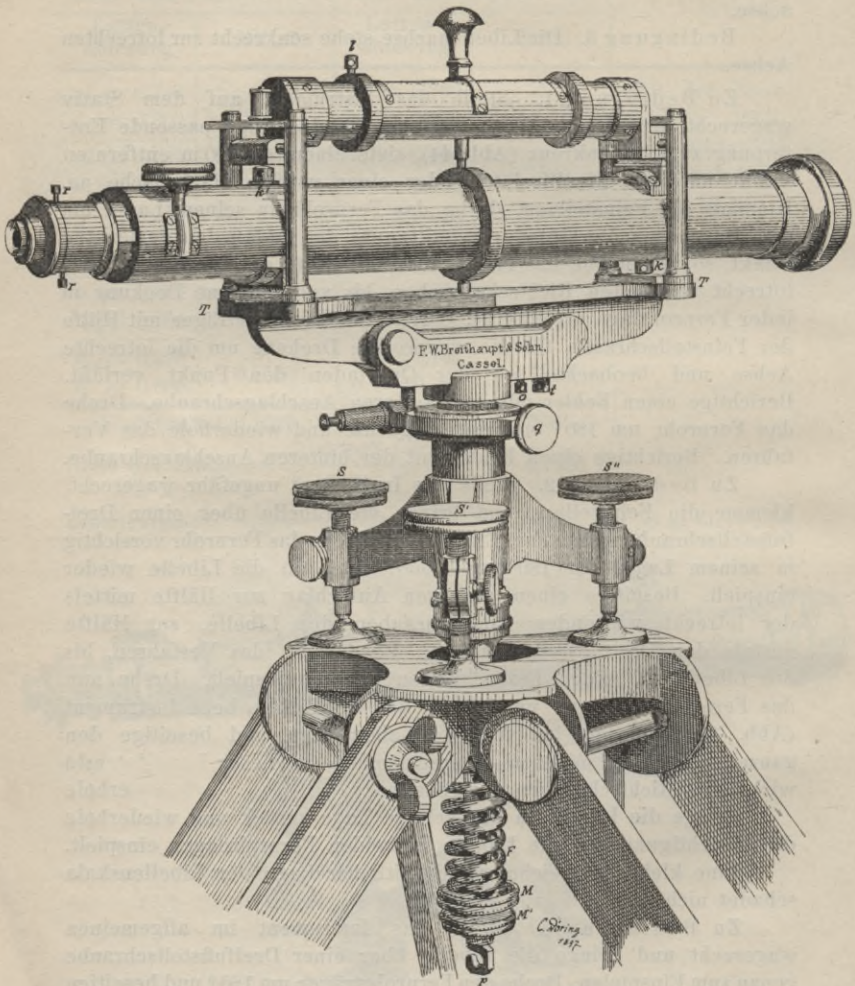


Abb. 63.



Drehe den Fernrohrträger um  $90^\circ$ , so daß das Fernrohr in einer gleichlaufenden Lage zu den beiden anderen Dreifußstellschrauben steht und bringe die Blase mit diesen zum Einspielen. Führe das Fernrohr wieder in die erste Stellung zurück und wiederhole das Verfahren, bis die Libelle auch bei voller Drehung des Fernrohrträgers nicht mehr ausschlägt.

b) Fernrohr und Libelle nicht miteinander verbunden, zum Umsetzen bzw. zum Umlegen auf dem Fernrohrträger eingerichtet (Abb. 63).

#### Prüfung und Berichtigung der Achsen.

Bedingung 1: Die Libellenachse sei gleichlaufend den Aufsatzflächen des Libellenträgers.

Bedingung 2: Die Verbindungen der Lagerpunkte oberhalb bzw. unterhalb des Fernrohrs seien einander gleichlaufend.

Bedingung 3: Die Libellenachse stehe senkrecht zur lotrechten Drehachse.

Bedingung 4: Die Libellenachse sei gleichlaufend der Zielachse.

Zu Bedingung 1: Stelle das Instrument auf eine feste Unterlage — eine steinerne Fensterbank — wagerecht. Führe die Libellenachse resp. das Fernrohr über eine Dreifußschraube und hemme die wagerechte Drehung mit der Klemmschraube  $q$ . Bringe die Libelle genau zum Einspielen und setze sie dann um. Beseitige den Ausschlag zur Hälfte mit der Libellenrichtschraube  $l$ , zur Hälfte mit der Dreifußstellschraube. Verfahre weiter so, bis die Libelle beim Umsetzen nicht mehr ausschlägt.

Zu Bedingung 2: Hebe die berichtigte, zum Einspielen gebrachte, Libelle ab, nimm das Fernrohr sanft aus den Gabeln  $TT$  und setze es, mit gewechselter Richtung von Okular und Objektiv, wieder ein. Setze die Libelle wieder auf und beseitige den etwaigen Ausschlag der Libellenblase zur Hälfte an den Lager-schraubenkopf  $k$ , zur Hälfte mit der Drehfußstellschraube  $S$ .

Zu Bedingung 3: Bringe die Libelle in zwei rechtwinklig zueinander stehenden Richtungen zum Einspielen. Drehe das Fernrohr um  $180^\circ$  um die lotrechte Drehachse und beseitige den etwaigen Libellenausschlag zur Hälfte mit den unter dem Träger befindlichen Richtschrauben  $o$  und  $t$ , zur anderen Hälfte mit den Dreifußstellschrauben. Setze das Verfahren fort, bis sich bei voller Umdrehung kein Ausschlag mehr zeigt.

Zu Bedingung 4: Mache nach Richtigstellung des Okulars zum Fadenkreuz (Abb. 44) eine Ablesung auf der Nivellierlatte, lege das

Fernrohr, um die Längsachse gedreht, in den Lagern um und mache eine zweite Ablesung. Mittele beide und stelle das Fadenkreuz mittels der Richtschrauben  $r r$  auf das Mittel ein, indem die eine Richtschraube so viel gelockert wird, als die andere ange dreht werden soll.

### Nivellierinstrument mit Kippschraube.

Bei diesen Instrumenten läßt sich das Fernrohr mit Hilfe einer Kippschraube um eine wagerechte Achse fein bewegen.

Die Libellenblase kann entweder unmittelbar vor dem Zielen in einem aufgesetzten Spiegel (Abb. 64) beobachtet werden, oder sie kann durch Spiegelung in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht

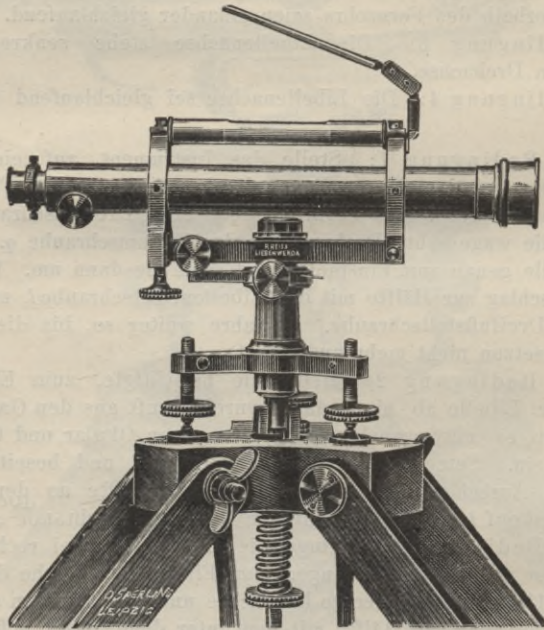


Abb. 64.

werden (Abb. 65, 66 und 67), so daß man sie beim Zielen in aufrechter Stellung gleichzeitig mit dem Fadenkreuz und der Nivellierlatte erblickt.



Bei einspielender Libelle müssen die Blasenenden gleichweit von den Rändern des Gesichtsfeldes abstehen (Abb. 66, vv.).

Zur allgemeinen Wagerechtheilung genügt eine Dosenlibelle, während eine genaue Einstellung, unmittelbar vor dem Ablesen, durch eine Röhrenlibelle mit der Kippschraube *k* geschieht.

### Prüfung und Berichtigung.

Bedingung 1: Die Achse der Dosenlibelle stehe senkrecht zur lotrechten Drehachse.

Bedingung 2: Die Zielachse sei gleichlaufend der Achse der Röhrenlibelle, und der Quersfaden des Fadenkreuzes sei wagerecht.

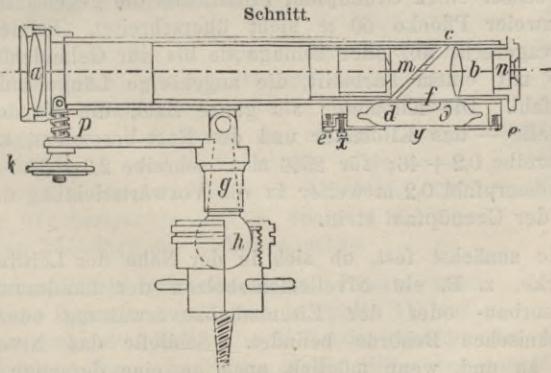
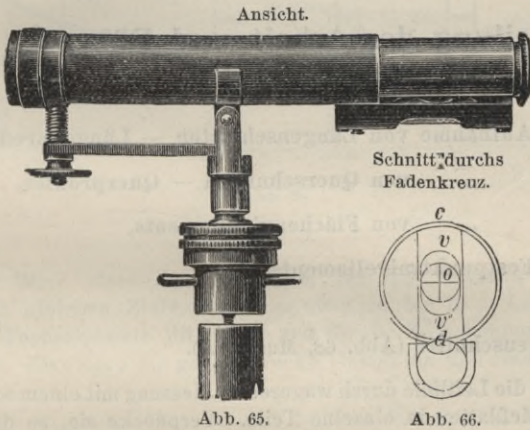


Abb. 67.

Zu Bedingung 1: Verfahre nach Seite 29, wie beim Theodolit.

Zu Bedingung 2: Die Prüfung und Berichtigung geschieht bei verschiebbarem Fadenkreuz wie beim einfachen Nivellierinstrument, bei feststehendem Fadenkreuz dagegen durch Verschieben der Libellenachse mit den Libellenrichtschrauben  $e$  und  $x$ , nach Einstellung des Fadenkreuzes auf die Sollablesung an der Nivellierlatte, die erhalten wird, wie beim einfachen Nivellierinstrument auf Seite 54 und 57 angegeben wurde.

## Einteilung der Arbeit und Führung des Feldbuchs.

1. Aufnahme von Längenschnitten — Längenprofil,
2. „ von Querschnitten — Querprofilen,
3. „ von Flächennivellements,
4. Festpunktnivellements.

### 1. Längenschnitte (Abb. 68, Muster A).

Teile die Leitlinie durch wagerechte Messung mit einem Stahlband oder mit Meßlatten in einzelne Teile. Verpflocke sie, so daß jeder Geländewechsel einen Grundpfahl erhält, und die gegenseitige Entfernung zweier Pflöcke 50 m nicht überschreitet. Schneide die Pflöcke wagerecht ab, oder schlage sie bis zur Geländehöhe ein. Vermerke mit einem Farbstift die zugehörige Länge auf einem Nummerpfahl. Die Kilometer als ganze Zahl, die Hunderte als Dezimalstelle — das Kilometer und den Rest besonders, z. B. für 246 m schreibe  $0,2 + 46$ ; für 2336 m = schreibe  $2,3 + 36$ . Schlage jeden Nummerpfahl 0,2 m weiter in die Vorwärtsrichtung der Leitlinie, als der Grundpfahl steht.

Stelle zunächst fest, ob sich in der Nähe der Leitlinie eine Höhenmarke, z. B. ein Nivellementsbolzen der Landesaufnahme, der Wasserbau- oder der Eisenbahnbauverwaltung oder sonst einer technischen Behörde befindet. Schließe das Nivellement an diese an und, wenn möglich, auch an eine derartige Höhenmarke ab.



Ist ein Anschlußnivellement wegen zu großer Entfernung zu zeitraubend und kostspielig, so setze am Anfang und am Ende, bei großen Längen auch zwischendurch, einige Festpunkte (Abb. 69).

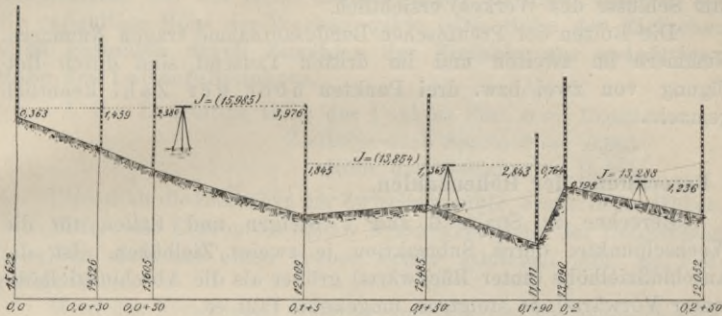


Abb. 68.

Nivelliere stets aus der Mitte, für die Wechsellpunkte mit möglichst gleichen Zielweiten von etwa 50 bis 70 m Länge. Lies für die Wechsellpunkte Millimeter und für die Zwischenpunkte Zentimeter ab. Nivelliere die ganze Strecke einmal hin und einmal zurück.

### Führung des Feldbuchs.

Schreibe in die 1. Spalte des Feldbuchs (Seite 2, Muster A) die Bezeichnung des Punktes, auf dem die Nivellierlatte steht, in die 2. Spalte die wagerechte Entfernung je zweier Lattenstände, in die 3. und 5. Spalte die abgelesenen Zielhöhen für den Anschluß und Abschluß, bzw. für die Wechsellpunkte und in Spalte 4 die abgelesenen Zielhöhen der Zwischenpunkte.

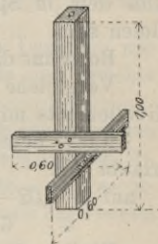


Abb. 69.

Jedem Punkt gilt eine Zeile. Punkte von besonderer Bedeutung erläutere in Spalte 11, auf der entsprechenden Zeile, durch Handzeichnung oder durch eine Bemerkung. Trage in Spalte 9 die Höhe des Anschlußpunktes ein, welche von der zuständigen technischen Behörde auf Anfrage

mitgeteilt wird. Die Höhenzahlen für die Punkte der Preußischen Landesaufnahme sind in einem im Buchhandel erschienenen Verzeichnis: **Die Nivellementsergebnisse der Trigonometrischen Abteilung der Königlich Preußischen Landesaufnahme, Heft —, Provinz —, Verlag von Mittler & Sohn, Berlin**, zusammengestellt.

Die Ordnungsnummer des betreffenden Hefts ist aus der Karte (am Schlusse des Werkes) ersichtlich.

Die Bolzen der Preußischen Landesaufnahme tragen Nummern. Nummern im zweiten und im dritten Tausend sind durch Beifügung von zwei bzw. drei Punkten über der Zahl kenntlich gemacht.

### Berechnung der Höhenzahlen.

Berechne in Spalte 6 und 7 Steigen und Fallen für die Wechsellpunkte, durch Subtraktion je zweier Zielhöhen. Ist die Anschlußzielhöhe (unter Rückwärts) größer als die Abschlußzielhöhe (unter Vorwärts), so steigt es, umgekehrt fällt es.

Addiere zur Prüfung richtiger Rechnung die Spalten 3, 5, 6 und 7 seitenweise auf und bilde die Unterschiede in den Spalten 3 und 5 bzw. 6 und 7, die einander gleich sein müssen.

Berechne in Spalte 9 die Höhen der Wechsellpunkte durch fortgesetztes Zuzählen der Höhenunterschiede, aus Spalte 6 und 7, zur Höhe des Anschlußpunktes bzw. des vorhergehenden Wechsellpunktes. Steigen +, Fallen —.

Bilde zur Probe den Unterschied zwischen der so erhaltenen Höhe des letzten Punktes und der Höhe des Anschlußpunktes. Er muß dem in Spalte 6 und 7 ermittelten Gesamthöhenunterschiede gleich sein.

Berechne das zweite (Rückwärts-) Nivellement auf dieselbe Weise.

Vergleiche die Höhenzahlen gleicher Lattenfußpunkte beider Nivellements miteinander.

Nach dem Preußischen Feldmesserreglement ist ein Fehler erlaubt von

auf 0—0,02—0,045—0,10—0,25—0,5—1—2—3—4—5—6—7,5 km,  
4 6 9 14 20 28 40 49 56 63 69 77 mm.

Ergibt ein Vergleich keine größere Abweichung, und läßt er erkennen, daß kein grober Fehler vorgekommen ist, so mittele die Ergebnisse beider Messungen.

Ist die Messung an zwei Punkte mit bekannter Höhe an- bzw. abgeschlossen, so vergleiche den Höhenunterschied derselben mit dem Mittel beider Messungen und verteile den Fehler im Verhältnis



der Entfernung der Lattenfußpunkte vom Anschlußpunkt, wenn derselbe vorstehende Fehlergrenze nicht überschreitet.

Ist eine andere Fehlergrenze vorgeschrieben, so lege diese dem Vergleich zugrunde.

Nunmehr berechne die Höhen der Zwischenpunkte für beide Nivellements aus der Höhe der jeweiligen Zielachse, bezogen auf die endgültige Höhe der Wechsellpunkte. Die Höhe der Zielachse wird gefunden durch Zuzählen der Zielhöhe zur endgültigen Höhe des Lattenfußpunktes.

$$\begin{array}{r} \text{Z. B.: Endgültige Höhe des Punktes Stat. 0} = 15,622 \\ \text{Zielhöhe nach Spalte 3} = 0,363 \\ \hline \text{Höhe der Zielachse} = 15,985. \end{array}$$

Davon ab die Zielhöhen der Zwischenpunkte, ergibt deren Höhen.

Mittle die Ergebnisse beider Messungen, wenn der Unterschied derselben nicht auf einen groben Fehler schließen läßt, als endgültige Höhe.

Wird das Nivellement nicht an eine Höhenmarke angeschlossen, so nimmt man für den Ausgangspunkt eine beliebige Höhenzahl an, jedoch so groß, daß alle Punkte eine positive Höhenzahl bekommen.

## 2. Aufnahme von Querschnitten — Querprofilen —.

Querschnitte werden durch alle einnivellierte Punkte der Leitlinie gelegt, in der Regel zu dieser senkrecht, in den Krümmungen radial. Ihre seitliche Ausdehnung richtet sich nach dem Zweck der Messung. Zur rechtwinkligen Absteckung verwende in der Ebene einen Winkelspiegel oder Winkelprisma, im Gebirge eine Winkeltrommel oder Kreuzscheibe.

In den Krümmungen lege durch den Punkt der Leitlinie, wie nachstehend ausgeführt, eine Tangente an den Kreis und errichte auf dieser eine Senkrechte.

Ist der Radius gegeben, so miß die Entfernung bis zu einem folgenden Punkt der Leitlinie — eine Sehne des Kreises — (Abb. 70)  $A-B$  und berechne aus dem Radius  $r$  und der Sehne  $s$  den rechtwinkligen Abstand  $y$  der Tangente von diesem Punkt nach der Formel

$$y = \frac{s^2}{2r}.$$

Stelle auf  $A$  und  $B$  Fluchtstäbe, setze von  $B$  aus  $y$  ab, während der Fußpunkt gleichzeitig mit einem Winkelspiegel bestimmt wird, worin  $A$  und  $B$  sich decken.

Ist der Radius nicht bekannt, so miß von  $A$  aus zwei Sehnen (Fig. 71)  $AB$  und  $AF$  bzw.  $s$  und  $s_1$ . Miß ferner den rechtwinkligen

Abstand  $h$  des Punktes  $A$  von der Sehne  $BF$ . Berechne den Abstand  $y$  der durch  $A$  gehenden Tangente vom Punkte  $B$ , nach der Formel  $y = \frac{h \cdot s}{s_1}$ , und den Abstand  $y_1$  dieser Tangente vom Punkte  $F$ , nach der Formel  $y_1 = \frac{h \cdot s_1}{s}$ .

Setze  $y$  und  $y_1$  von  $B$  bzw.  $F$ , wie oben angegeben, ab.

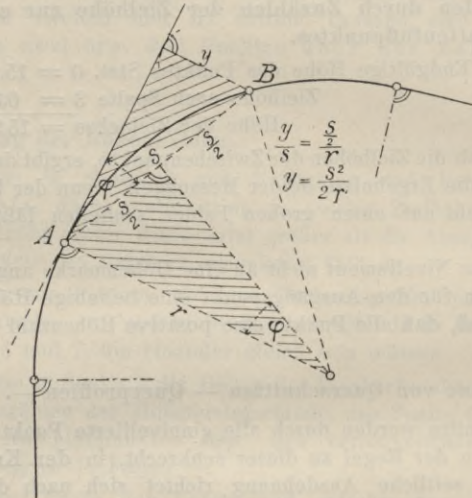


Abb. 70.)\*

Nach der Absteckung erfolgt die Aufnahme der Querschnitte entweder — in ebenem und hügeligem Gelände — mit dem Nivellierinstrument oder — im Gebirge — mit der Setzlatte.

a) **Einwägung mit dem Nivellierinstrument (Muster A, Querprofile).** (Abb. 72.)

Ermittle mit einem Längenmeßwerkzeug die wagerechte Entfernung sämtlicher Geländebrechpunkte vom Grundpfahl der Leitlinie, nach rechts und nach links, und nivelliere sie im Anschluß an die Grundpfähle der Leitlinie ein; bei einiger Übung und zuverlässigen Meßgehülfen gleichzeitig mit der Längenmessung, sonst nach vorübergehender Verpflockung der Brechpunkte.

Beim Anschluß und beim Abschluß auf die Grundpfähle der Leitlinie muß die Libelle genau einspielen, während für die einzelnen Geländebrechpunkte ein kleiner Ausschlag zulässig ist.

\*) Die Proportion folgt aus der Aehnlichkeit der schraffierten Dreiecke.



Zur Unterscheidung von rechts und links richte den Blick in die Vorwärtsrichtung der Leitlinie.

### Führung des Feldbuchs.

Vermerke in Spalte 1 des Feldbuchs (Muster A, Querprofil, S. 4) die Nummer des Querprofils bzw. die Stationsnummer des Grundpfahls der Leitlinie, in Spalte 2 die seitliche Entfernung vom Grundpfahl unter Beifügung der Buchstaben *r* = rechts, *l* = links, oder der Zeichen + und —; in Spalte 3 die Zielhöhe des Anschlusses in Spalte 4 die Zielhöhen der einzelnen Geländepunkte, in Spalte 5 den Abschluß auf einen Grundpfahl der Leitlinie oder den Wechsel des Instruments.

Runde alle Ablesungen auf Zentimeter ab.

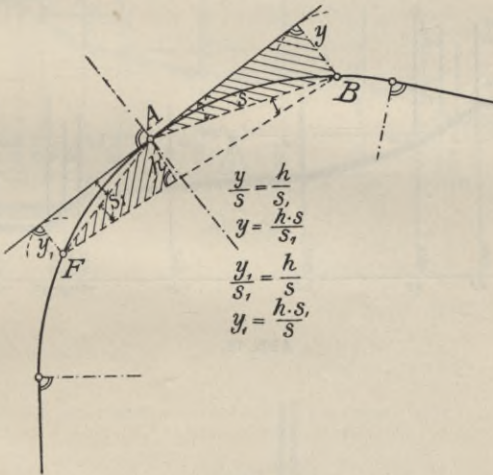


Abb. 71.

### Berechnen der Höhen.

Berechne Steigen und Fallen nur für die Wechsellpunkte. Trage in Spalte 9 die endgültigen Höhenzahlen für die Anschlußpunkte aus dem Längenschnittsnivellement ein und ermittle durch Zuzählen der Anschlußzielhöhe die Höhe der Zielachse für die einzelnen Instrumentenstände und daraus durch Abzug der Zwischenzielhöhen die Höhen der einzelnen Geländepunkte.

b) Einwägen mit der Setzlatte (Abb. 73).

In steilem Gelände, wo für die Längenmessung gestaffelt werden muß, verbinde damit gleichzeitig die Höhenmessung. Nimm zur Längenmessung eine 3 m lange mit Röhrenlibelle versehene Setzlatte (Abb. 74). Bringe sie, beim Grundpfahl der Leitlinie beginnend, in der Richtung der abgesteckten Querschnittlinie, in eine wagerechte Lage, so daß ein Ende auf dem Gelände liegt, und

1. Aufnahme mit dem Nivellierinstrument.

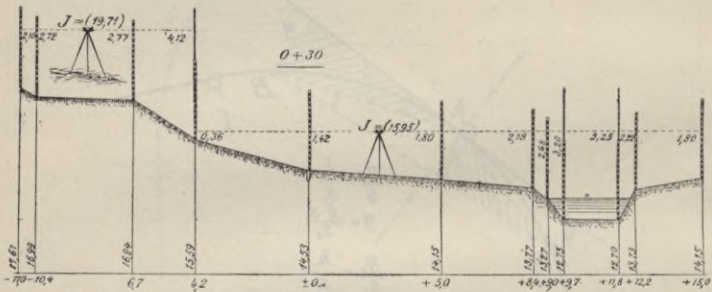


Abb. 72.

miß an dem gehobenen Ende mit einer zweiten, mit Dosenlibelle versehenen Latte, den Höhenunterschied vom Gelände bis zur Unterkante-Setzlatte. Desgleichen miß diesen Höhenunterschied für zwischenliegende bedeutende Geländebrechpunkte.

Zur Messung der Höhenunterschiede kann auch ein als Lot eingerichtetes Bandmaß benutzt werden (Abb. 75). Trage das Messungsergebnis, möglichst maßstäblich, auf quadriertes Papier ein und erläutere besondere Schnitte durch entsprechende Bemerkungen, z. B. Bach — Weg usw. Bei den Aufnahmen der



Querschnitte, ob mit Nivellierinstrument oder Setzplatte, beachte, daß die Verbindung der beiden letzten Punkte eines Schnittes, verlängert, sich dem Gelände anschmiegt, wenigstens nicht erheblich davon abweicht, um für den Fall, daß sich beim Bearbeiten des

2. Aufnahme mit der Setzplatte.

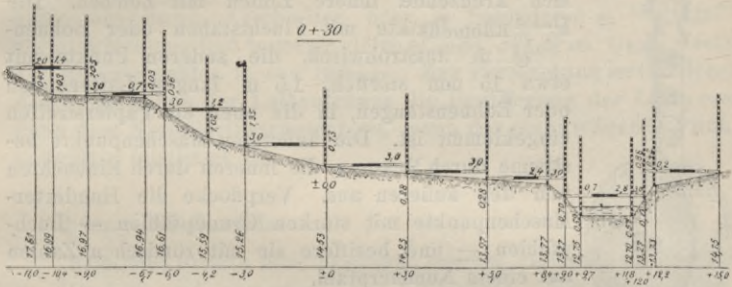


Abb. 73.

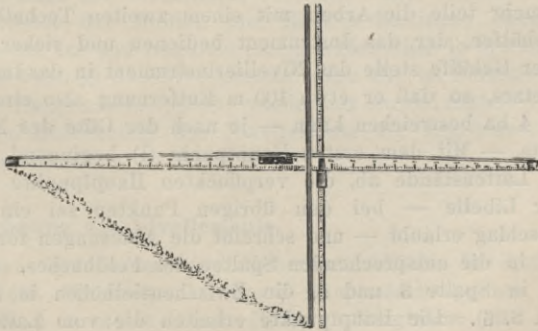


Abb. 74.

Projekts die seitliche Ausdehnung der Aufnahme zu kurz erwies, die Verbindung der letzten Punkte zu verlängern, ohne einen großen Fehler zu machen.

### 3. Flächennivellement. (Muster A S. 6.)

Stecke entweder einen Standlinienzug und rechtwinkelig zu den Standlinien Querlinien ab und verfähre, wie unter *A* und *B* angegeben, oder lege über das Gelände ein Quadratnetz von 20 bis 25 m Maschenweite (Muster A, Flächennivellement, Abb. 76).

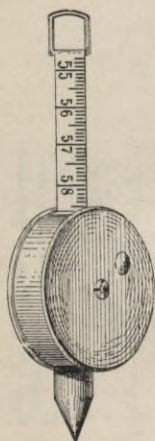


Abb. 75.

Bestecke die Maschenpunkte des äußersten Rahmens und etwa im Abstände von 200 m je zwei sich kreuzende innere Linien mit Zeichen. Die Hunderter-Punkte mit Fluchtstäben oder Bohnenstangen mit Strohwisch, die anderen Punkte mit etwa 15 mm starken, 1,5 m langen Lattenenden oder Bohnenstangen, in die oben ein Papierstreifen eingeklemmt ist. Die äußersten Maschenpunkte bestimme durch Messung, die inneren durch Einfluchten von den äußeren aus. Verpflocke die Hunderter-Maschenpunkte mit starken Grundpfählen — Lochpfählen — und beziffere sie mit römischen Zahlen auf einem Nummerpfahl.

Stehen nicht genügend Stangen zur Verfügung, so zerlege größere Geländeflächen in kleinere zusammenhängende Abteilungen von 5—10 ha Größe.

Zeichne auf quadriertem Papier — etwa im Maßstab 1:1000 — einen Handriß vom Quadratnetz. Ziehe die hunderter Linien stärker aus und beziffere die Hauptpunkte dem Felde entsprechend mit römischen Zahlen.

Nunmehr teile die Arbeit mit einem zweiten Techniker oder einem Gehülften, der das Instrument bedienen und sicher ablesen kann. Der Gehülfe stelle das Nivellierinstrument in das Innere des Quadratnetzes, so daß er etwa 100 m Entfernung also eine Fläche von etwa 4 ha bestreichen kann — je nach der Güte des Nivellierinstrumentes. — Mit dem ersten Hauptpunkt (I) beginnend, liest er sämtliche Lattenstände ab, die verpflockten Hauptpunkte mit ein spielender Libelle — bei den übrigen Punkten sei ein kleiner Blausauschlag erlaubt — und schreibt die Ablesungen fortlaufend numeriert in die entsprechenden Spalten des Feldbuches. An- und Abschluß in Spalte 3 und 5, die Zwischenzielhöhen in Spalte 4 (Muster A S. 6). Die Hauptpunkte erhalten die vom Lattenräger ausgerufenen römische Ziffer.



Sofort nach der Ablesung winke er den Lattenträger ab. Der den Lattenträger leitende Techniker wählt die Punkte aus, deren Höhen ermittelt werden sollen, um die Gestaltung des Geländes mit genügender Sicherheit wiedergeben zu können, so daß eine durch je drei benachbarte Punkte gelegte Ebene sich der Geländeoberfläche möglichst anschmiegt.

Der noch weniger Geübte wird sämtliche Maschenpunkte und dazwischen noch die ins Auge springenden Geländewechsel einwägen lassen.

Die Maschenpunkte bestimme durch Rückwärtseinrichten von den im Felde sichtbar gemachten Punkten aus. Etwaige Zwischenpunkte bestimme von den Maschenpunkten und den Quadratnetzlinien aus durch Abschreiten oder in besonderen Fällen durch flüchtige Messung und trage sie gleich maßstäblich unter Beischreibung der Messungszahlen in den Handriß. **Zur Vermeidung irrtümlicher Ablesung kehre der Lattenträger die Bezifferung der Latte erst dann dem Nivellierinstrument zu, wenn der einzuwägende Punkt endgültig bestimmt ist.**

#### **Führung des Handrisses.**

Sämtliche Punkte, die eingewogen werden, vermerke maßstäblich im Handriß und nummeriere sie fortlaufend. Zur Prüfung der Übereinstimmung mit dem Feldbuch rufe die Nummer für jeden Punkt vor und nach einem Hauptmaschenpunkt aus — den Hauptmaschenpflock selbst mit der zugehörigen römischen Ziffer. Im übrigen rufe etwa jeden fünften, nach einigem Zusammenarbeiten etwa jeden zehnten Punkt aus. Die Richtigkeit muß von dem Lattenableser sofort durch Gegenruf bestätigt werden.

Die Lage der Grenzlinien, Gebäude, Wege, Gräben, Böschungen, die Leitlinien der Mulden und Rücken bestimme ebenfalls vom Quadratnetz aus und trage sie gleich maßstäblich in den Handriß ein.

Zur Prüfung des Nivellements wäge alle im Bereich von 100 m liegende Hauptmaschenpflocke wiederholt ein und mittele bei der nun folgenden Berechnung des Nivellements die Ergebnisse mehrerer Beobachtungen.

#### **Berechnung des Nivellements.**

Nach Berechnung der Höhenunterschiede in Spalte 6 und 7 für die Wechsellpunkte und Hauptmaschenpunkte, ermittle in Spalte 9 zunächst deren Höhen. Vergleiche die Ergebnisse wiederholter Beobachtung und mittele sie.

Bestimme alsdann die jeweilige Instrumentenhöhe (Höhe der Zielachse) durch Zuzählen der Zielhöhe zur endgültigen Höhe des Punktes und aus dieser die Höhe der Geländepunkte durch Abzug der entsprechenden Zielhöhen.

**Schlußbemerkung.**

Bei dem Ablesen der Latte verfahren zur Vermeidung grober Fehler recht vorsichtig. **Ablesen, aufschreiben und wieder ablesen.**  
Flächennivellement.

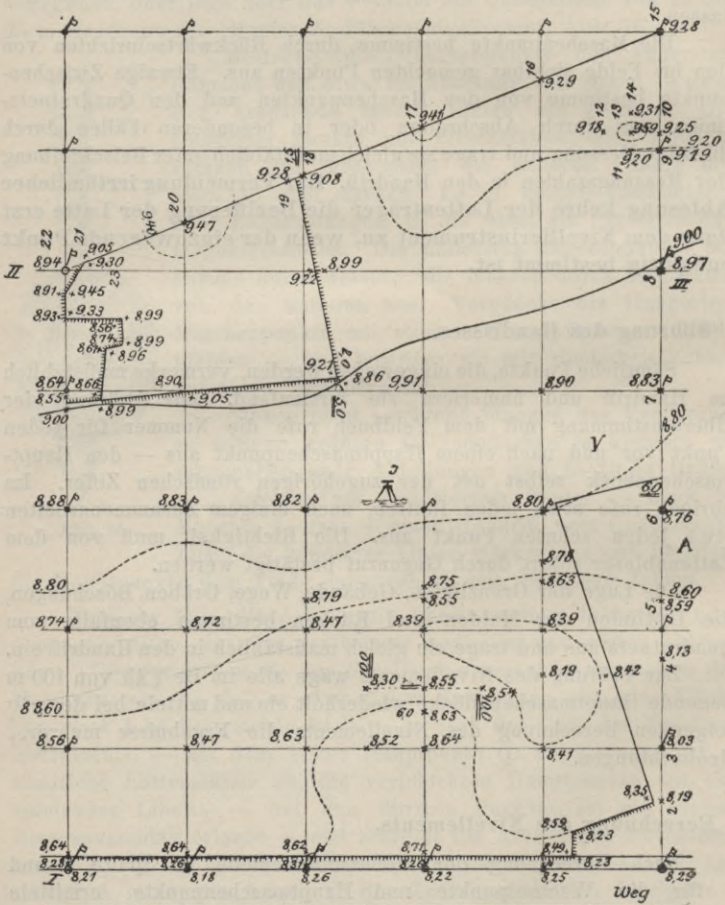


Abb. 76.  
(Die Höhenlinien gebt. Terrasienna.)



Steht eine Wendelatte zur Verfügung, so lies einmal die vordere Seite, das zweite Mal die hintere Seite der Latte ab.

Bei Latten mit dekadischer Ergänzung lies beim zweiten Male die dekadische Ergänzung ab.

Steht in stark parzelliertem Gelände eine Karte zur Verfügung, welche die Grenzlinien genau wiedergibt, so kann das Grenzliniennetz statt eines Quadratnetzes zur Bestimmung der Lage der Geländebrechpunkte dienen. Die Führung des Feldbuchs und des Handrisses ist dieselbe wie beim Quadratnetz. Zum Eintragen in die Karte genügt ein am Rande im Maßstab der Karte geteilter Papierstreifen, der 5 m Teilung hat. Als Hauptpunkte können Grenzsteine einnivelliert werden.

#### 4. Festpunktsnivellements.

Bestimme zunächst die Lage der Festpunkte, deren gegenseitige Entfernung 2 km nicht überschreiten soll. In Städten wähle Entfernungen von 3 bis 500 m und lasse an gut fundamentierten Gebäudesockeln, vornehmlich an Straßenecken, als Festpunkte eiserne Bolzen, (siehe Tafel 5), in Zement oder Bleiverguß ein. In unbebautem Gelände setze in ca. 1 km Entfernung Bolzensteine — Granitpfeiler von 1 m Länge 0,25/0,25 m Stärke auf einer Platten- oder Betonunterlage — vermeide geschütteten Boden. Bei Landstraßen und Eisenbahnen lasse die Bolzen in das Mauerwerk gut fundamentierter Brücken oder Durchlässe ein.

Befestige die Bolzen stets so, daß keine höher liegenden Mauer- oder Gesimsvorsprünge und dergl. dem lotrechten Aufsetzen der Latte hinderlich sind.

Schließe so oft als möglich an etwa schon vorhandene Festpunkte der Feinnivellements der trigonometrischen Landesaufnahme der Wasserbau-, der Eisenbahnbau- und dergl. Behörden an und verzeichne die Lage der neuen Festpunkte und der Anschlußpunkte in einer Karte.

Nivelliere mit möglichst gleichen Zielweiten, nicht über 50 m Länge, stets aus der Mitte und verwende nur auf der Teilmaschine geteilte Nivellierlatten mit Dosenlibelle und Halbzentimeterteilung mit eingelassenen Kontrollmarken, entweder Wendelatten (Abb. 77), oder Latten mit dekadischer Ergänzung (Abb. 78).

Vor Beginn der Arbeiten prüfe die Lattenlänge mit einem Normalmeter und vermerke das tägliche Ergebnis im Feldbuch (vergl. Seite 4).

Wendelatten.

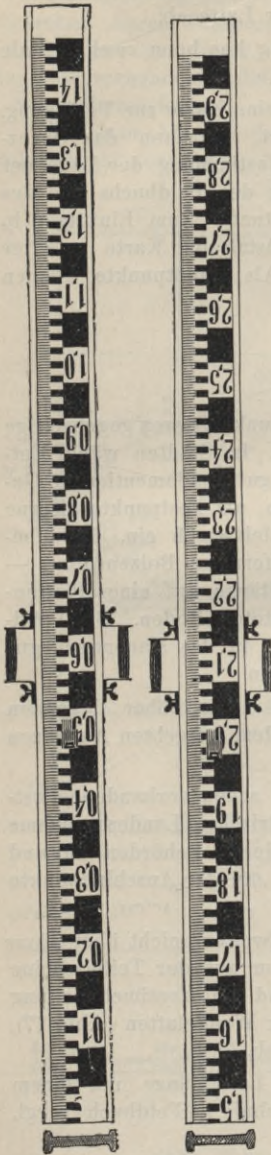


Abb. 77.

Stelle bei der Wendelatte fest, um wieviel beide Teilungen voneinander abweichen, oder ob die eine Teilung die dekadische Ergänzung der anderen ist.

Bei Verwendung zweier Latten stelle fest, ob die Nullpunkte der Teilung gleichen Abstand von den Fußpunkten der Latten haben.

Verwende auf den Wechsellatten stets nur eine Latte, so daß also dieselbe Latte, welche bei der einen Stellung des Nivellierinstrumentes dem Vorblick diene, bei der nächst folgenden Instrumentenstellung dem Rückblick diene. Beachte, daß beim Abschluß auf einen Festpunkt dieselbe Latte zur Ablesung gebraucht wird, welche auf dem Anschlußpunkt gestanden hat, insbesondere wenn der Abstand zwischen Nullpunkt und Lattenfußpunkt beider Latten nicht genau übereinstimmt.

Berichtige das Nivellierinstrument vor Beginn der täglichen Arbeit und nivelliere nur bei gutem ruhigen Wetter, in der Sonnenhitze nur morgens und abends unter einem Schirm. Vermerke die jeweilige Witterung und einen Wechsel sowie den Tag der Messung im Feldbuch.

Latte mit dekadischer Ergänzung.

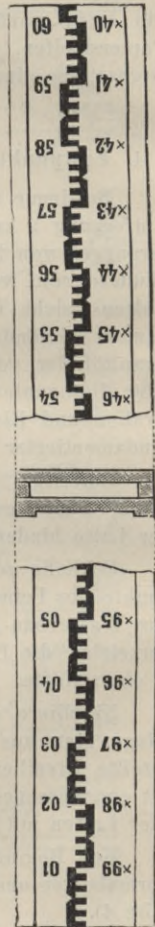


Abb. 78.



Stelle das Instrument, wenn es ohne Kippschraube ist, so auf, daß das Fernrohr resp. die Libellenachse während des Zielens über einer Dreifußstellschraube gerichtet ist, damit die Libellenblase vor dem Ablesen genau eingestellt werden kann.

Richte die Führung des Feldbuchs danach, ob mit einspielender Libelle nivelliert wird, oder ob die jeweiligen Libellenausschläge in Rechnung gestellt werden.

#### a. Einwägen mit einspielender Libelle.

Ist das Fernrohr nicht zum Entfernungsmessen — Fadenkreuz mit drei Querfäden — eingerichtet, so schreite die Entfernung vom Anschlußpunkt bis zum Instrumentenstand ab und bestimme in gleicher Weise mit gleicher Entfernung den ersten Wechsellpunkt.

Lies auf beiden Latten im Augenblick einspielender Libelle ab. Bei Wendelatten die vordere Seite, bei Latten mit einfacher Bezifferung und dekadischer Ergänzung die gewöhnliche Bezifferung.

Vermerke die Ablesungen in Spalte 3 und 4 des Feldbuches, den Lattenstandpunkt und die Entfernung desselben vom Instrumentenstand in Spalte 1 und 2. (Vergl. Muster B S. 10). Laß die Latten wenden — Befehl „wenden“ —, drehe das Fernrohr um seine Längsachse oder setze es um — je nach Bauart —, mache bei einspielender Libelle eine zweite Ablesung und vermerke sie unmittelbar unter die erste oder daneben. Wechsele den Instrumentenstandpunkt, etwa 60 Schritt vom letzten Wechsellpunkt entfernt weiter in der Vorwärtsrichtung des Meßzuges, — die Latte auf dem Wechsellpunkt bleibt stehen — bestimme den nächsten Lattenstandpunkt in gleicher Entfernung vom Instrumentenstand, also auch etwa 60 Schritt weiter in der Vorwärtsrichtung des Meßzuges und mache die Einwägungen und den Vermerk ins Feldbuch, wie vor beschrieben. (Im Gebirge richte die Zielweiten nach dem Gefälle.) Setze das Verfahren fort bis zum nächsten Festpunkt, auf den dieselbe Latte gestellt werden muß, die auf dem Anschlußpunkt gestanden hat.

Zähle die Spalten 3 und 4 jede für sich zusammen, bilde den Unterschied und theile ihn durch zwei, wenn die Latten Zentimetertheilung haben, und durch vier, wenn die Latten Halbzentimetertheilung und Bezifferung haben, so ist das Ergebnis gleich dem Höhenunterschied beider Festpunkte.

Soll der durch Prüfung mit dem Normalmeter gefundene Lattenfehler in Rechnung gestellt werden, was aber meist nur bei großen Höhenunterschieden in Betracht kommen kann, so multipliziere den Gesamthöhenunterschied mit dem Lattenfehler und verbessere ihn demgemäß.

Z. B.: Höhenunterschied . . . . . = 14,253 m,  
Lattenfehler für 1 m = -0,2 mm;  
daher  $14 \times 0,2 = -2,8 = \text{rot} - 0,003 \text{ m}$   
Berichtigter Höhenunterschied = 14,250 m.

Wiederhole die Messung in gleicher Weise in entgegengesetzter Richtung.

Vergleiche die Ergebnisse beider Messungen und mittele sie, falls der Unterschied beider in der Ebene 12 mm auf 2 km, bzw. 6 mm auf 500 m Länge — im Gebirge bei kurzen Zielweiten, bei etwa 20 Aufstellungen pro km, 15 mm auf 2 km und 8 mm auf 500 m, nicht übersteigt.

Ist der Unterschied größer, so mache eine dritte und vierte Messung.

Ermittle in gleicher Weise den Höhenunterschied je zweier Festpunkte bis zum Abschluß auf eine Höhenmarke, deren Höhe bereits anderweitig durch ein Feinnivellement ermittelt wurde.

Stelle die gemittelten Höhenunterschiede und die Entfernungen der Festpunkte zusammen und vergleiche ihre Summe mit dem Höhenunterschied zwischen Anschluß- und Abschlußhöhenmarke. (Vergl. Muster B S. 11.)

Teile den Unterschied beider durch die Quadratwurzel aus der Gesamtkilometerzahl, so ist der Quotient gleich dem mittleren Fehler.

Ist derselbe nicht größer als 5 mm, so ist die Messung brauchbar. Sie wird als gut bezeichnet, wenn er 3 mm nicht übersteigt.

Verteile den Unterschied auf die einzelnen Punkte im Verhältnis ihrer Entfernung vom Anschlußpunkt.

Hat die Wendelatte auch noch eine Bezifferung in dekadischer Ergänzung, so lies für den Vorblick in beiden Fernrohrlagen die dekadische Ergänzung ab. (Vergl. Muster B S. 10.)

Zähle die Spalten 3 und 4 zusammen und mittele das Ergebnis — bei Halbzentimeterteilung der Latten teile das Mittel durch 2. — Übersteigt die Summe die Dekaden, so steigt es. Bleibt eine dekadische Ergänzung, so fällt es.

Für die Berechnung der endgültigen Höhen werden die dekadischen Ergänzungen beibehalten. (Vergl. Muster B S. 11.)

Hat die Latte nur einseitige Bezifferung mit dekadischer Ergänzung, so lies in der ersten Fernrohrlage die gewöhnliche Bezifferung, in der zweiten Fernrohrlage die dekadische Ergänzung ab. (Vergl. Muster B S. 12.)



Bilde für jeden Festpunkt die Summen der Spalten 3 und 4 und zähle die Schlußergebnisse beider Ablesungen, jede für sich, zusammen, vergleiche sie miteinander und mittele sie, falls kein grober Fehler vorhanden ist.

Hatte die Latte Halbzentimeterteilung und Bezifferung, so sind die Mittel noch durch zwei zu teilen.

Ablesungsfehler, die sich sonst leicht einschleichen, sind bei Wendelatten und bei Latten mit dekadischer Ergänzung ausgeschlossen, wenn vor jedem Wechsel berechnet wird, ob bei Wendelatten der konstante Unterschied zwischen beiden Teilungen sich ergibt, bzw. ob bei Latten mit dekadischer Ergänzung die Ablesungen gleicher Zielrichtungen sich zur Dekade ergänzen. **Diese Probe ist daher unbedingt vor jedem Wechsel zu machen.**

b) **Einwägungen mit Libellenausschlägen** (vgl. Muster B, S. 12).

Die Einwägungen mit Libellenausschlägen werden, was Aufstellung des Instrumentes, Lattenablesung und deren Vermerk im Feldbuch anbetrifft, genau so behandelt, wie die Einwägungen mit einspielender Libelle. Nur bedarf es nicht einer so genauen Einstellung des Instrumentes; es genügt vielmehr eine allgemeine Wagerechtstellung mit der Dosenlibelle oder annähernde Einstellung der Röhrenlibelle.

Während der Lattenablesung liest ein Gehülfe den Stand der Libelle an beiden Blasenenden ab; aus dem Libellenausschlag und der Lattenentfernung berechnet man alsdann die entsprechende Berichtigung. Zu dem Zweck ist die Strichteilung der Libelle von 0—50 beziffert. Der Nullpunkt liegt dem Objektiv zugekehrt, und die Mitte fällt mit dem Normalpunkt der Libelle zusammen.

Ist die Summe der Ablesungen beider Blasenenden  $Obj + Oc = 50$ , so liegt die Mitte der Blase unter dem Normalpunkt, und die Libellenachse liegt wagerecht.

Ist die Summe kleiner als 50, so ist die Lattenablesung zu groß und um die aus der Entfernung und der Libellenempfindlichkeit zu berechnenden Verbesserung  $v$  zu vermindern. Ist die Summe größer als 50, so ist die Verbesserung positiv.

Zur bequemen Rechnung stelle zunächst für das jeweilige Instrument fest, bei welcher Entfernung  $E$  ein halber Strich Libellenausschlag einen Millimeter Zielpunktverschiebung verursacht, entweder durch Rechnung, aus der Libellenempfindlichkeit  $e''$ , nach der Formel:

$$E = \frac{0,001 \rho}{2 e} \text{ für Zentimeterteilung und Bezifferung,}$$

$$E_1 = \frac{0,001 \rho}{e} \text{ für Halbzentimeterteilung und Bezifferung,}$$

$$\rho = \frac{180 \cdot 60 \cdot 60}{\pi} = 206\,265,$$

z. B. Libellenempfindlichkeit  $e = 5''$ .

$$E = \frac{0,001 \cdot 206\,265}{2 \cdot 5} = 20,63 \text{ m,}$$

$$E_1 = \frac{0,001 \cdot 206\,265}{5} = 41,25 \text{ m.}$$

Bei einer Entfernung von 41,25 m verursacht also ein Libellen-  
ausschlag von  $1/2$  Strich eine Zielpunktverschiebung von  $1/2$  mm  
und bedingt eine entsprechende Verbesserung.

Ist die Libellenempfindlichkeit nicht bekannt, so ermittle sie,  
wie Seite 52 angegeben, oder stelle die Zielpunktverschiebung in  
der dort angegebenen Weise fest, und berechne die konstante Ent-  
fernung für Strich und Millimeter-Einheit. Z. B. Auf einer 100 m  
weit entfernt stehenden Nivellierlatte ergab sich bei einer Zielpunkt-  
verschiebung von 10 mm als Mittel einer fünfmaligen Beobachtung  
ein Libellenausschlag von 4,7 Strich.

$$E = \left( \frac{100 \cdot 4,7}{10} \right) = 47 \text{ m.}$$

Im Feldbuch vermerke in Spalte 5 die Libellenablesung für  
den Rückblick und für den Vorblick untereinander. Bilde in  
Spalte 6 die Summe  $Obj + Oc$ . Ziehe die Ablesungen Vorblick von  
den Ablesungen Rückblick ab und berechne die Verbesserung aus  
der Proportion

$$v : \frac{E_m}{E} = a : 1 \quad \left. \begin{array}{l} E \text{ ist die Libellenkonstante,} \\ E_m \text{ ist die jeweilige Entfernung der Latte und} \\ v = \frac{E_m}{E} \cdot a \quad \left. \begin{array}{l} a \text{ ist die Strichzahl des Ausschlags.} \end{array} \right\} \end{array} \right\}$$

Z. B. der Libellenausschlag betrage, nach Spalte 6, 3,4 Strich,  
und die Lattenentfernung sei gleich 49 m, die Libellenkonstante sei  
nach obiger Rechnung = 47 m.

$$\text{Dann ist die Verbesserung } v = \frac{49}{47} \cdot 3,4 = 3,5 \text{ mm.}$$



Schneller macht man die Ausrechnung mit einem Rechenschieber, noch schneller und bequemer nach einem Diagramm auf Millimeterpapier, bei dem die Grundlinie gleich der Libellenkonstante und die Höhe gleich der entsprechenden Zielpunktverschiebung ist.

Zeichne das Diagramm mit Überhöhung Länge 1:1000 und die Höhen 10:1 (Abb. 79).

Ist der Unterschied Rückblick weniger Vorblick positiv, so ist auch die Verbesserung positiv, anderenfalls negativ.

Füge zur Summe der Verbesserungen das Ergebnis aus den Spalten 3 und 4.

Hat die Latte Halbzentimeterteilung und Bezifferung, so ist das Schlüßergebnis noch durch 2 zu teilen.

Die weitere Berechnung geschieht in bekannter Weise.

### c) Einwägen mit doppelten Anbindungen.

Statt eines Hin- und Hernivellements kann man auch zwei Aufnahmen nebeneinander machen, wobei von einem Instrumentenstand auf zwei Latten, nacheinander, abgelesen wird.

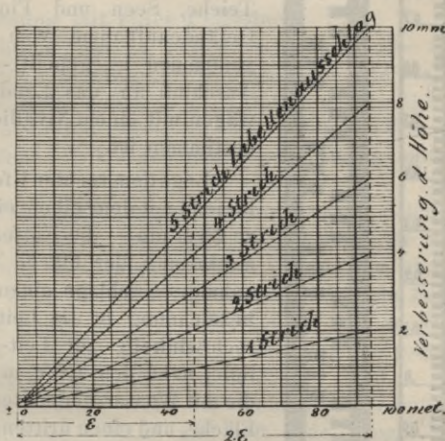


Abb. 79.



Abb. 80.

Das Verfahren ist aus (Abb. 80) ersichtlich; die Führung des Feldbuchs ist in Muster B S. 10 gezeigt. Die Messung ist aber nicht so vollwertig, wie zwei vollständig voneinander unabhängige Hin- und Hernivellements.

#### IV. Abschnitt.

### Peilen.

Wasserbedeckte Flächen, die Sohlen der Teiche, Seen und Flußläufe, werden bei der Geländeaufnahme vom Wasserspiegel aus aufgenommen — gepeilt —, dessen Höhenlage im Anschluß an das Landesnivellement durch Einwägen mit einem Nivellierinstrument und Latte zu bestimmen ist.

Legen dem rechten Ufer entlang, möglichst gleichlaufend mit demselben, eine Leitlinie, teile sie von 50 zu 50 m ein — die Entfernung richtet sich nach der Gestaltung der Fläche und dem Zweck der Aufnahme —, schlage einen Pfahl mit der Kilometerbezeichnung in die Leitlinie, einen zweiten Pfahl rechtwinkelig zur Leitlinie, nahe dem Ufer, in die mit Wasser bedeckte Fläche, und einen dritten Pfahl, zur Bezeichnung der Richtung des Querschnitts, — bei fließendem Gewässer rechtwinkelig zum Stromstrich, sonst rechtwinkelig zur Leitlinie —, nahe dem linken Ufer. Schneide die im Wasser stehenden Pfähle einige Dezimeter über



Abb. 81.



Abb. 82 a.

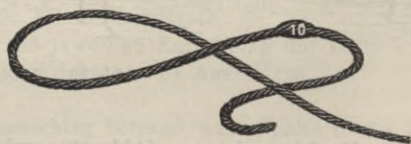


Abb. 82 b.

dem Wasserspiegel wagerecht ab. Wäge die Pfahlköpfe durch ein doppeltes Nivellement, hin und her, genau ein.



Befestige an einem Pfahl einen auf den Nullpunkt des Nivellements bezogenen Pegel (Abb. 81), zur Beobachtung des Wasserstandes während der Messung.

Bringe vor Beginn der Peilung eine Taschenuhr im Peilboot mit der des Pegelbeobachters in Übereinstimmung.

Lasse sofort mit der Pegelbeobachtung beginnen und den, von 5 zu 5 Minuten, abgelesenen Wasserstand vermerken (Muster C, S. 14).

#### A) Direkte Längenmessung mit einer Peilleine.

Spanne in der Richtung des zu peilenden Querschnitts die Peilleine (Abb. 82 a und b), ein ölgetränktes Hanfseil oder eine Stahltrosse, und unterstütze sie nach Bedarf, je nach der Länge des Querschnitts, mit einem oder mehreren Böten, die bei fließendem Wasser an einem weit ausgeworfenen Anker genau in der Richtung gehalten werden.

Richte zuerst vom Ufer aus Unterstützungsböte in die Schnittlinie ein. Verankere die Peilleine am rechten Ufer, fahre sie mit einem Boot in die Richtung der Querschnittlinie, wobei sie gleich auf die unterstützenden Böte gelegt wird, um möglichst ein Festhaken an etwa auf der Sohle liegenden Steinen u. dgl. zu vermeiden. Verankere das mit der Aufwindvorrichtung versehene Ankerboot am anderen Ufer und spanne die Peiltrosse straff.

Am rechten Ufer beginnend, zieht ein Meßgehülfe (Schiffer) das Peilboot an der Peiltrosse entlang und ruft jede Länge, bei der gepeilt werden soll, laut aus. Stoße währenddem die Peilstange, (Abb. 83) etwas gegen den Strom gerichtet, hinab und lies, sobald sie aufstößt und lotrecht steht, den Wasserstand, gewöhnlich auf Dezimetergenauigkeit, ab. \*)

Vermerke den Anfang und den Schluß der Peilung eines jeden Querschnitts in Spalte 1 (Muster D, S. 15), die ausgerufene Länge in Spalte 2 und die Ablesung an der Peilstange in Spalte 3. Mußte die Arbeit unterbrochen werden, z. B. um ein Schiff durchzulassen, so vermerke die Zeit der Unterbrechung in Spalte 1 und die Ursache in Spalte 7.

Lasse die Peilleine nach Fertigstellung eines jeden Profils aufrollen und fahre sie beim nächsten Profil wieder aus, weil solches im allgemeinen schneller geht, als wenn die abgerollte Trosse weiter gefahren wird, besonders, wenn große Steine, Büsche usw. auf der Sohle lagern.

\*) Runde hölzerne Peilstangen, 4 bis 8 m lang, oben 30, unten 40 bis 45 mm Durchmesser, erhalten Dezimeterteilung und Bezifferung, weißen Anstrich, für die einzelnen Dezimeter rund um die Stange laufende schwarze Striche. Jeder Dezimeter, mit dem ein halber Meter abschließt, wird rot, jeder, der einen Meter abschließt, wird schwarz gestrichen.

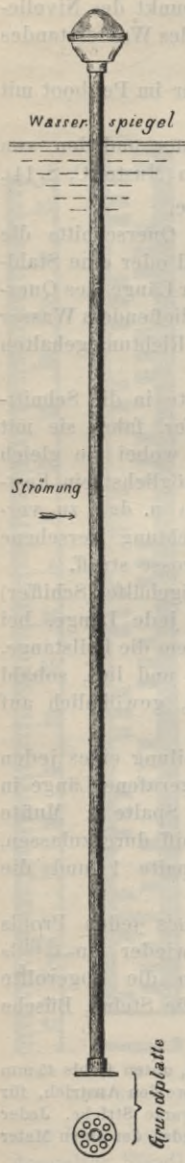


Abb. 83.

Steht ein Entfernungsmesser zur Verfügung, so ermittle mit diesem die ganze Profillänge und führe die mit der Peilleine gemessene Länge darauf zurück.

Zur Bestimmung des Gefälles eines Flusses teile die Strecke, nach der Stationierung, in einzelne Abteilungen und miß in jeder Abteilung, möglichst schnell hintereinander, einmal stromab dann stromaufwärts, mit einem Zentimeterstab die Höhe der einnivellierten Pfahlköpfe über dem Wasserspiegel, während oberhalb und unterhalb einer jeden Abteilung an einem, in richtiger Höhe, gesetzten Pegel der Wasserstand beobachtet wird, um feststellen zu können, ob das Wasser sich im Beharrungszustande befindet.

Winde zum Aufrollen der Peilleine.

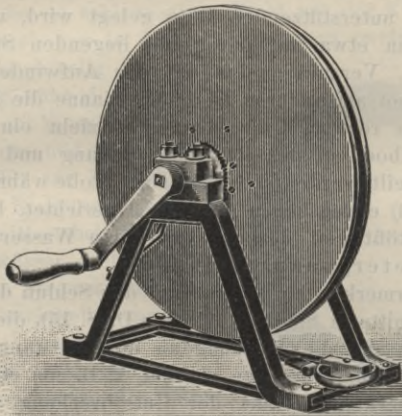


Abb. 84.

Zeigt sich keine wesentliche Zu- oder Abnahme, so mittele die Ergebnisse beider Messungen. Zeigt sich eine wesentliche ungleichmäßige Zu- oder Abnahme, so warte, bis der Wasserstand sich wieder im Beharrungszustande befindet, und wiederhole die Messung.



B) Indirekte Längenmessung.

Werden die Querprofile zu lang, um mit einer Peiltrosse überspannt zu werden, so bestimme die Punkte, wo die Tiefe gemessen werden soll, vom Lande aus indirekt, z. B. nach Abb. 85 *CD* oder durch Winkelmessung mit einem Theodolit oder Spiegelsextant oder vom Boot aus mit einem Spiegelsextant und Messung einer Länge am Lande.

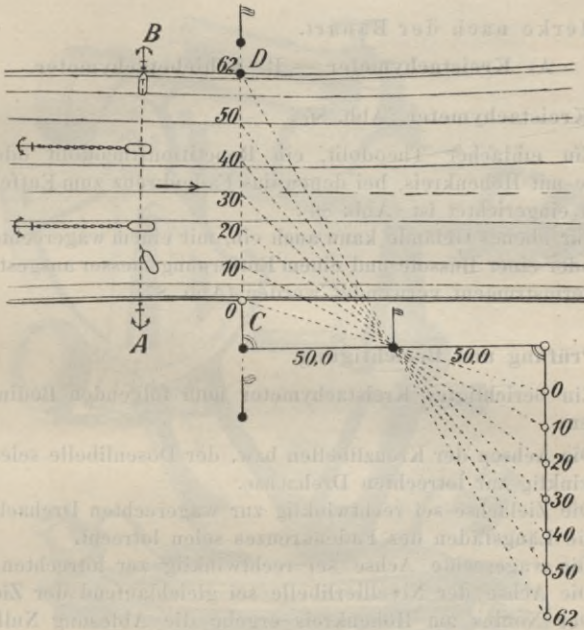


Abb. 85.

C) Berechnung der Peilung.

Zur Berechnung der Peilung trage die Pegelbeobachtung, den Messungszeiten der Profile entsprechend, in Spalte 4 ein. Z. B. Beginn der Peilung =  $10^h 38$ ; Pegelbeobachtung  $10^h 35 = 7,84$  m  $10^h 40 = 7,90$  m; Zunahme in  $5^1 = 6$  cm, daher  $10^h 38 = 7,88$  m.

Weicht der Pegelnullpunkt von Normalnull ab, so führe ihn in Spalte 5 darauf zurück und verteile die Zu- oder Abnahme des Wasserstandes während der Peilung im Verhältnis zur Entfernung und berechne in Spalte 6 auf Grund dieses Wasserstandes die Höhe der gepeilten Punkte.

## V. Abschnitt.

### Tachymetermessung.

Tachymeter (Schnellmesser).

Merke nach der Bauart.

A) Kreistachymeter — B) Schiebetachymeter.

A) Kreistachymeter (Abb. 86).

Ein einfacher Theodolit, ein Repetitionstheodolit oder eine Bussole mit Höhenkreis, bei denen das Fadenkreuz zum Entfernungs-messen eingerichtet ist (Abb. 86).

Für ebenes Gelände kann auch ein, mit einem wagerechten Teil-kreis oder einer Bussole und einem Entfernungsmesser ausgestattetes, Nivellierinstrument verwendet werden (Abb. 87).

#### 1. Prüfung und Berichtigung.

Ein berichtigtes Kreistachymeter muß folgenden Bedingungen genügen:

- a) Die Achsen der Kreuzlibellen bzw. der Dosenlibelle seien recht-winklig zur lotrechten Drehachse.
- b) Die Zielachse sei rechtwinklig zur wagerechten Drehachse und die Längsfäden des Fadenkreuzes seien lotrecht.
- c) Die wagerechte Achse sei rechtwinklig zur lotrechten Achse.
- d) Die Achse der Nivellierlibelle sei gleichlaufend der Zielachse.
- e) Der Nonius am Höhenkreis ergebe die Ablesung Null, wenn die Zielachse und die Achsen der Kreuzlibellen wagerecht sind.
- f) Die Distanzfäden — (die Fäden für die Entfernungsmessung) — sollen gleichen Abstand vom wagerechten Mittelfäden haben und der Multiplikationskonstanten 200 entsprechen.

Ob der Tachymeter den Bedingungen a) bis c) genügt, prüfe, wie beim Theodolit bzw. bei der Bussole, und berichtige ihn ent-sprechend (vergl. S. 29, 30).

Für die Bussole kommen außerdem noch die entsprechenden besonderen Bedingungen in Betracht (vergl. S. 37).

Zu Bedingung d): Stelle den Tachymeter mit der Dosen-bzw. mit den Kreuzlibellen allgemein wagerecht. Bringe die Nivellier-libelle genau zum Einspielen und mache an einer etwa 50 m entfernt



stehenden Nivellierlatte eine Ablesung. Hebe das Fernrohr aus dem Lager, drehe die Alhidade um  $180^\circ$ , lege das Fernrohr so ein, daß die Libelle sich oberhalb befindet und mache eine zweite Ablesung. Sind beide einander gleich, so sind Zielachse und Libellenachse gleichlaufend. Ergibt sich eine andere Ablesung, so mittele beide und stelle die Zielachse mit der Feinstellschraube für die Kipp-

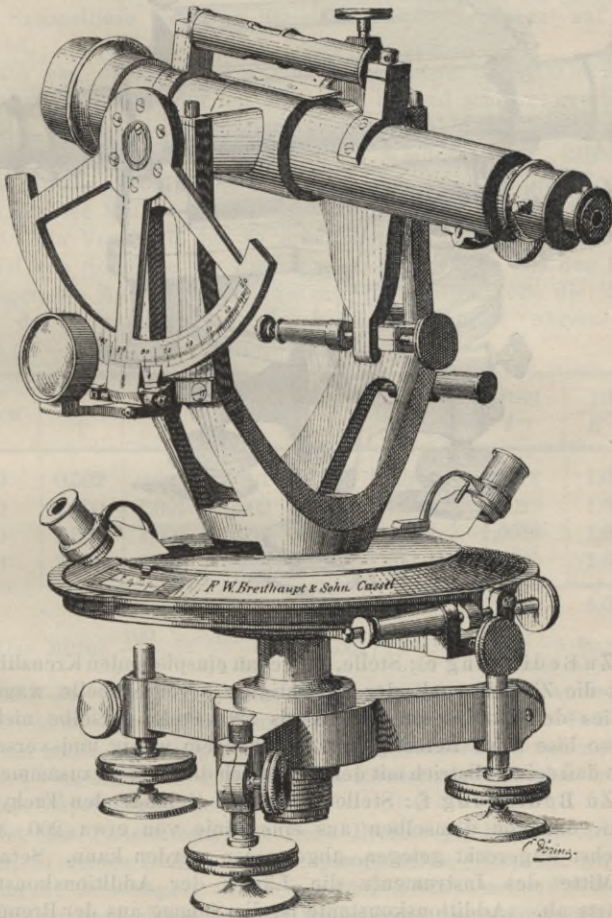


Abb. 86.

bewegung auf das Mittel ein und bringe die Libelle mit der Libellenrichtschraube zum Einspielen. Wiederhole das Verfahren, bis sich in beiden Libellenlagen dieselbe Ablesung ergibt.

Ist das Fernrohr zum Durchschlagen eingerichtet, so mache in beiden Fernrohrlagen bei einspielender Libelle die entsprechenden Ablesungen und verfähre im übrigen, wie vor angegeben.

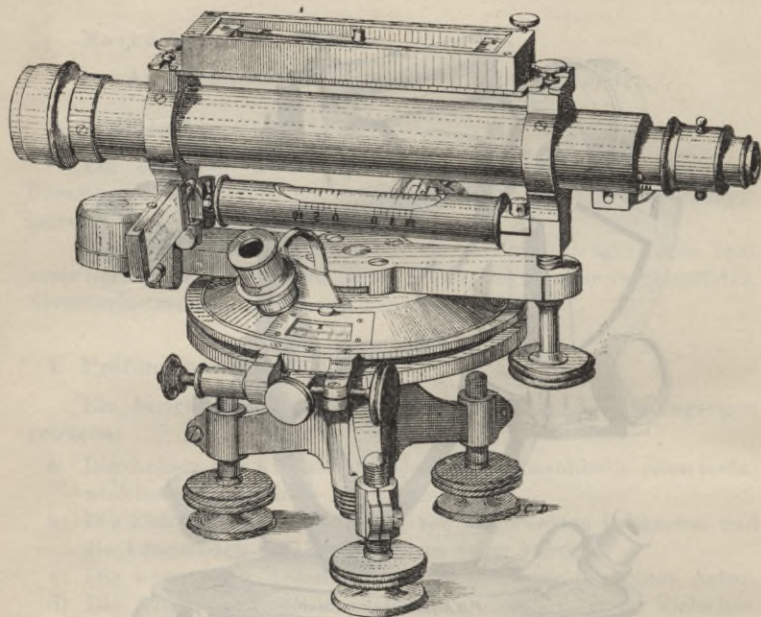


Abb. 87. \*)

Zu Bedingung e): Stelle, bei genau einspielenden Kreuzlibellen, zuerst die Zielachse mit der berichtigten Nivellierlibelle wagerecht und lies den Nonius am Höhenkreis ab. Steht derselbe nicht auf Null, so löse seine Befestigungsschrauben ein wenig und verschiebe ihn, so daß sein Nullstrich mit dem Nullstrich des Kreises zusammenfällt.

Zu Bedingung f): Stelle in ebenem Gelände den Tachymeter so auf, daß von demselben aus eine Linie von etwa 200—300 m, möglichst wagerecht gelegen, abgemessen werden kann. Setze von der Mitte des Instruments die Länge der Additionskonstanten vorwärts ab. (Additionskonstante ist die Summe aus der Brennweite

\*) Von F. W. Breithaupt & Sohn, Cassel.



und dem Abstand der Objektivlinse von der Kippachse, sie wird für gewöhnlich vom Mechaniker bestimmt und dem Instrument beigegeben. Genau genug bestimmt man sie durch direkte Messung, in dem man das Fadenkreuz auf ein entferntes Ziel einstellt, am Instrument die Entfernung zwischen Objektivmitte und Fadenkreuzschraubchen mißt und die Entfernung zwischen Objektivlinse und Kippachse hinzufügt. Bei manchen anallatischen Fernrohren, z. B. beim Porroschen, ist die Additionskonstante durch Einschaltung einer Sammellinse zwischen Objektiv und Fadenkreuz auf Null gebracht.)

Miß von diesem Punkte eine Länge etwa 200—300 m genau mit einem Stahlband oder mit Meßlatten ab und schlage, anfänglich alle 20 m, später alle 50 m, einen Pfahl. Mache alsdann eine Reihe von Ablesungen in etwa fünfmaliger Wiederholung. Bilde die Mittelwerte für jede abgemessene Entfernung und multipliziere dieselben mit der Multiplikationskonstanten, die für gewöhnlich gleich 100 ist. Ein Vergleich der so erhaltenen Länge mit dem Soll gibt ein Bild von der Güte des Entfernungsmessers. Um aus den Beobachtungen die Multiplikationskonstante zu erhalten, teile die Mittelwerte der Lattenabschnitte durch die zugehörige abgemessene Länge ( $E - a$ ) und mittele sie. Zum Beispiel:

$E - a$	Lattenablesungen					Mittel $l$	$\frac{100 \cdot l}{E - a}$
	1	2	3	4	5		
50	0,502	0,502	0,501	0,500	0,501	0,5012	1,0024
100	1,000	1,001	1,002	1,000	1,002	1,0010	1,0010
150	1,501	1,502	1,503	1,500	1,502	1,0016	1,0010
200	2,002	2,006	2,005	2,005	2,004	2,0045	1,0023
							4,00067

$$\text{Das Mittel } \frac{100}{k} = \frac{4,0067}{4} = 1,0017; k = \frac{100}{1,0017} = 99,83.$$

Sind die Entfernungsfäden gegen den Mittelfaden verstellbar, und erscheint eine Berichtigung nötig, so bringe jeden Faden für sich (mit Hilfe der entsprechenden Richtschrauben) in den richtigen Abstand vom Mittelfaden, was durch Einstellung auf eine lotrecht stehende Nivellierlatte geschieht.

Ist das Fadenkreuz, wie beim Breithauptschen Entfernungsmesser, in feinen Linien auf eine planparallele Glasplatte gezogen, so kann die Berichtigung durch Verschieben der zwischen Fadenkreuz und Objektivlinse eingeschalteten Sammellinse vorgenommen werden, was aber besser vom Mechaniker gemacht wird.

## 2. Gebrauch des Tachymeters (Abb. 89 und 102).

Bei Geländeaufnahmen für generelle Vorarbeiten zu Eisenbahn- und Straßenbauten, Kanälen und Meliorationen kommt der Tachymeter zur Verwendung.

Erdbohrer  
zum  
Vermarken  
der Punkte.

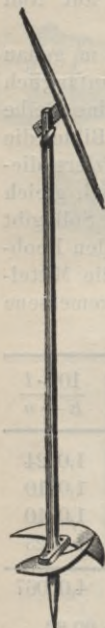


Abb. 88.

Bei langgestreckten Bauwerken lege einen Standlinienzug mit möglichst langen geraden Strecken. Vermerke die Winkelpunkte mit Lochpfählen oder Drainröhren und gebrauche den Tachymeter zum Messen der Brechungswinkel wie einen Theodolit. Diese Hauptpunkte können entweder für sich numeriert werden (mit römischen Ziffern) oder auch während der Geländeaufnahmen fortlaufend mit den Geländepunkten.

Miß die Strecken entweder mit einem Stahlband bzw. Meßlatten oder bestimme ihre Länge mit dem Entfernungsmesser durch Vor- und Rückblick.

Sehr lange Strecken zerlege in Abschnitte von etwa 150 bis 200 m Länge und bestimme die ganze Länge von den Zwischenpunkten aus (Abb. 89)  $m$  und  $m_1$ , die, verpflockt, später bei der Geländeaufnahme als Anbindepunkte dienen können. Bei einiger Übung können die Messungen zur Festlegung des Standlinienzuges gleichzeitig mit der engeren Geländeaufnahme gemacht werden.

Bestimme die Höhenlage der Winkelpunkte und der Zwischenpunkte entweder mit dem Nivellierinstrument, um möglichst viele Stützpunkte zu haben, oder, wenn eine geringere Genauigkeit genügt, mit dem Tachymeter durch Vor- und Rückblick.

Hat das aufzunehmende Gelände eine größere seitliche Ausdehnung; so lege im Anschluß an den Hauptstandlinienzug noch, nach Bedarf, Nebenzüge, die mit ersteren in Verbindung stehen. Bei sehr großer Ausdehnung verbinde die Züge außerdem durch ein Dreiecksnetz. Schließe überhaupt, wenn eben möglich, die Winkelzüge an die Landestriangulation an. Die Lage der Winkelpunkte muß so gewählt werden, daß von ihnen aus möglichst nach beiden Seiten hin ein Streifen von etwa 200 m Breite bestrichen werden kann.

Im Gebirge und waldreichem Gelände schalte, nach Bedarf, Bussolenzüge, (Winkelmessung mit Sprungständen) ein, die mit kurzen Zielweiten, bei schnellerer Arbeit, ein gutes Ergebnis liefern.

Ist das Standliniennetz bzw. die Lage der Standpunkte bestimmt, so teile die Arbeit mit einem Techniker. Ein Techniker bedient den



Tachymeter, der andere wählt die aufzunehmenden Punkte im Felde aus. Ersterem wird ein Schreiber zur Eintragung der Ablesungen beigegeben, letzterer hat zwei bis drei Lattenträger zur Bedienung.

Auf die Auswahl der Punkte ist die größte Sorgfalt zu verwenden, um mit möglichst wenig Punkten, die Höhenlagen des Geländes so bestimmen zu können, daß das aus den gemessenen Höhenzahlen entwickelte Höhenliniennetz sich genau dem Gelände anschmiegt. Daher ist mit der Auswahl der Punkte der geübtere Techniker zu betrauen, der möglichst Grenzmarken berücksichtigt, was die Eintragung in vorhandene Karten sehr erleichtert.

Vom Gelände ist während der Aufnahme eine Handzeichnung zu entwerfen, in die die gewählten Zielpunkte, fortlaufend numeriert, eingetragen werden. Wasserscheiden, Rücken- und Talwege sind als Leitlinien für den Entwurf des Höhenliniennetzes einzutragen.

Verbinde die Punkte miteinander, welche bei der Höhenlinienzeichnung miteinander in Beziehung treten sollen.

Der den Tachymeter bedienende Techniker stelle denselben auf den Standpunkt I (Abb. 89), richte die Zielachse, falls der Winkelzug an irgend einen anderen Punkt angeschlossen werden soll, dahin, lese beide Nonien ab, wiederhole die Messung in der zweiten Fernrohrlage, bestimme die Höhe der Zielachse über dem Standpunkt durch direkte Messung und vermerke die Meßergebnisse in Spalte 12 (Muster H S. 23.)

Alsdann ziele die auf dem ersten Geländepunkt befindliche Latte an, wobei der Mittelfaden ungefähr auf Instrumentenhöhe gerichtet wird. — Die Messung wird erleichtert, wenn der Höhe der Zielachse über dem Standpunkt entsprechend, an der Latte eine Marke angebracht wird, auf die der Mittelfaden einzustellen ist.

Klemme den Höhenkreis fest und richte den unteren Faden des Entfernungsmessers mit der Feinstellschraube für die Kippbewegung auf den ihm zunächst liegenden Dezimeter, lies den oberen Faden ab und trage die Ablesung in Spalte 2 des Feldbuchs oder den Unterschied  $o-u=l$  direkt in Spalte 3. Soll die Messung doppelt gemacht werden, was die Genauigkeit und Sicherheit erhöht, so stelle bei der zweiten Messung den oberen Faden auf einen vollen Dezimeter ein und lies alsdann den unteren Faden ab. Mittele beide Ergebnisse. Stelle nun den Mittelfaden genau auf einen vollen Dezimeter oder auf die Zielmarke ein, winke den Lattenträger ab, der sich alsbald auf einen anderen Punkt begibt; lies an einem Nonius den wagerechten Winkel auf Minuten-Genauigkeit ab, vermerke die Ablesung in Spalte 7. — Bei vielen Instrumenten befindet sich neben dem Nonius noch eine Marke, welche ein sehr schnelles

Schätzen der Minuten gestattet. Ihr Abstand vom Nullpunkt des Nonius, gewöhnlich  $10^0$  oder ein vielfaches von  $10^0$ , ist zu berücksichtigen.

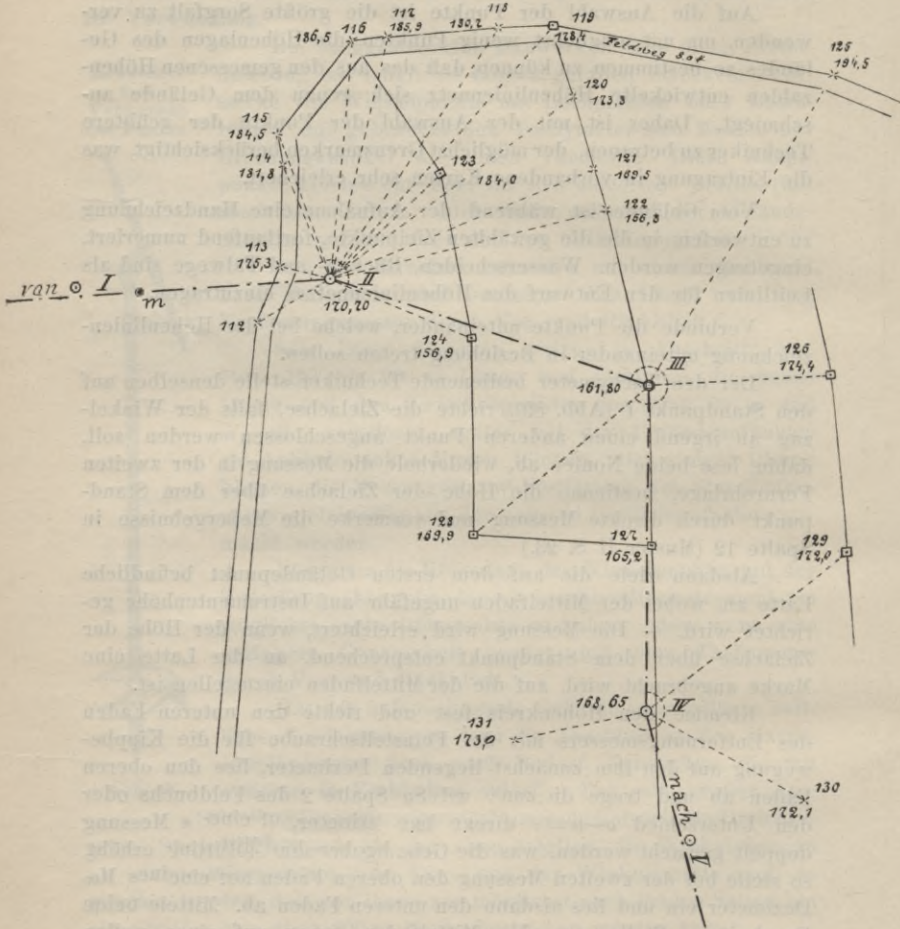


Abb. 89.

Lies hierauf den Höhenkreisbogen auf volle Minuten ab und vermerke die Ablesung in Spalte 5.

Verfahre in gleicher Weise mit den anderen Zielpunkten und prüfe die Übereinstimmung der Numerierung zwischen Handriß



und Feldbuch, bei weiter Entfernung, etwa für jeden zehnten Punkt, durch Winken, Pfeifen oder Hornsignal.

Ist die Latte nur teilweise sichtbar und eine Einstellung auf Instrumentenhöhe nicht möglich, so stelle den Mittelfaden auf eine andere Zahl ein und vermerke die Ablesung zweier Fäden; die Ursache vermerke in Spalte 12 (Muster H).

Zum Schluß richte die Zielachse auf den folgenden Standpunkt bzw., wenn ein Winkelzug abzweigt, auch dahin und miß den wagerechten Winkel in beiden Fernrohlagen genau, desgl. den Höhenwinkel und die Entfernung.

Ist der Tachymeter als Repetitionstheodolit gebaut und mit einer Bussole ausgestattet, so bringe den Nullpunkt der Kreisteilung, nach Lösung der Dreifußklemmschraube, in den magnetischen Norden, klemme den Limbus mit dem Dreifuß fest und verfare weiter, wie beim einfachen Theodolit. Dann sind alle abgelesenen, wagerechten Winkel nach dem magnetischen Norden orientiert.

### 3. Berechnung der Entfernungen und Höhen.

Die Berechnung der Entfernung geschieht bei wagerechter Sicht durch Multiplikation von  $o-u$  mit der Multiplikationskonstanten und Zusetzung der Additionskonstanten in Spalte 8. Die Höhenlage des Zielpunktes berechne, wie beim Nivellieren, in Spalte 11 durch Abzug der Ablesung am Mittelfaden von der Meereshöhe der Zielachse.

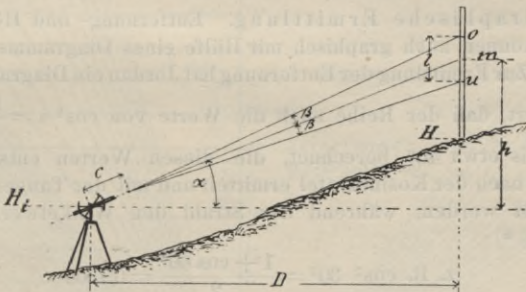


Abb. 90.

$$H = H_i + h - m,$$

Ist die Zielachse geneigt (Abb. 90), so ist Ablesung  $o-u$  bei lotrechter Lattenstellung mit dem Kosinus des Höhenwinkels zu multiplizieren, und die geneigte Entfernung ist durch nochmalige Multiplikation mit dem Kosinus des Höhenwinkels auf die wagerechte Entfernung zurückzuführen.

Die geneigte Länge ist demnach

$$L = C(o - u) \cos \alpha + c$$

und die wagerechte Entfernung

$$D = L \cdot \cos \alpha = C(o - u) \cos^2 \alpha + c \cdot \cos \alpha$$

Setzt man  $o - u = l$  und berücksichtigt, daß  $\cos \alpha$  erst bei einem Winkel von  $60^\circ = 0,5$  wird, bei kleinen Winkeln bis etwa  $30^\circ$  annähernd  $= 1$  ist, so geht die Formel über in

$$D = C \cdot l \cos^2 \alpha + c = \frac{Cl}{2} (1 + \cos 2\alpha) + c$$

und im allgemeinen genau genug

$$D = Cl \cos^2 \alpha = \frac{Cl}{2} (1 + \cos 2\alpha).$$

Der Höhenunterschied zwischen Instrumentenhöhe  $H_i$  und Lattenablesung des Mittelfadens

$$h = D \operatorname{tg} \alpha = D \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = Cl \sin \alpha \cos \alpha + c \cdot \sin \alpha = (Cl \cdot \cos \alpha + c) \cdot \sin \alpha$$

und im allgemeinen genau genug

$$h = (Cl + c) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha = \frac{Cl + c}{2} \cdot \sin 2\alpha.$$

a) Direkte Rechnung. Zur bequemeren Rechnung gebrauche einen logarithmischen Rechenschieber (z. B. von Wild, Moinot, Hofer) oder die Jordanschen Hilfstafeln für Tachymetrie (Stuttgart, J. B. Metzler 1880).

b) Graphische Ermittlung. Entfernung- und Höhenunterschiede können auch graphisch mit Hilfe eines Diagramms ermittelt werden. Zur Ermittlung der Entfernung hat Jordan ein Diagramm derart konstruiert, daß der Reihe nach die Werte von  $\cos^2 \alpha = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}$  von  $1^\circ$  bis etwa  $40^\circ$  berechnet, die diesen Werten entsprechende Winkel  $\varphi$  nach der Kosinustafel ermittelt und mit der Tangensfunktion gezeichnet werden, während der Strahl den Winkelwert  $\alpha$  erhält. (Abb. 91.)\*

$$\text{z. B. } \cos^2 30^\circ = \frac{1 + \cos 60^\circ}{2} = 0,7500$$

Nach der Kosinustafel ist aber  $0,7500 = \cos 41^\circ 25'$ . Zeichne einen Winkel von  $41^\circ 25'$  und schreibe an den Strahl  $30^\circ$ .

In nachstehender Tabelle sind, entsprechend den Werten für  $\cos^2 \alpha$ , die Winkel nach der Kosinustafel ermittelt, und aus der Tangenstafel, zur bequemeren und sicheren Zeichnung des Diagramms, die natürlichen Werte der Tangensfunktion beigeschrieben.

\*) Handbuch der Vermessungskunde von Dr. W. Jordan, Stuttgart. J. B. Metzler'scher Verlag.



$$\cos^2 \alpha = \cos \varphi.$$

$\alpha$	$\varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$\alpha$	$\varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$\alpha$	$\varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$\alpha$	$\varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
0	0		0	0		0	0		0	0	
1	1 25	0,025	11	15 30	0,278	21	29 21	0,563	31	42 43	0,923
2	2 50	0,049	12	16 55	0,304	22	30 43	0,594	32	44 01	0,966
3	4 14	0,074	13	18 18	0,331	23	32 5	0,627	33	45 18	1,011
4	5 39	0,099	14	19 42	0,358	24	33 26	0,660	34	46 35	1,057
5	7 4	0,124	15	21 5	0,386	25	34 47	0,694	35	47 51	1,104
6	8 29	0,149	16	22 29	0,414	26	36 7	0,730	36	49 7	1,155
7	9 53	0,174	17	23 52	0,442	27	37 27	0,766	37	50 22	1,207
8	11 18	0,200	18	25 15	0,472	28	38 47	0,803	38	51 37	1,262
9	12 42	0,225	19	26 37	0,501	29	40 6	0,842	39	52 51	1,319
10	14 6	0,251	20	27 59	0,532	30	41 25	0,882	40	54 3	1,379

Zeichnung des Diagramms (Abb. 91).

Ziehe eine wagerechte Linie  $\Delta N$  von der Länge „Eins“ z. B. 1 dm, errichte im Endpunkt  $N$  eine Senkrechte und setze auf derselben von  $N$  aus, der Reihe nach die Werte  $\operatorname{tg} \varphi$ , aus obiger Tabelle,

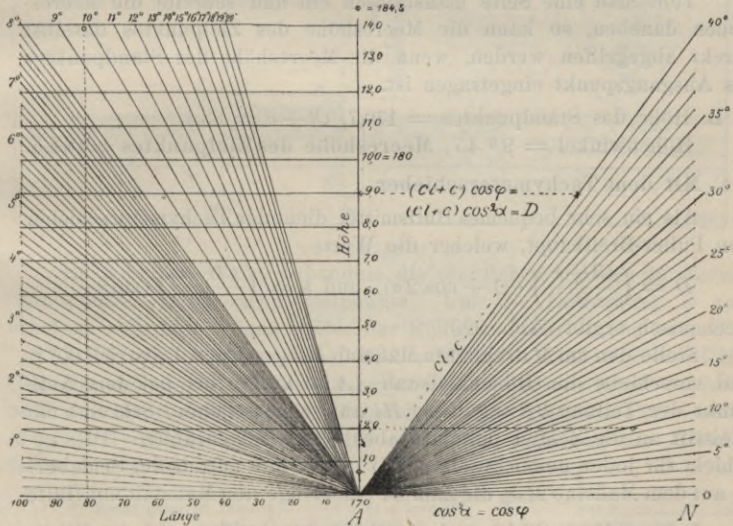


Abb. 91.

ab. Verbinde die erhaltenen Punkte mit dem anderen Endpunkt der Linie und schreibe an die Strahlen den Winkelwert  $\alpha$ , an den ersten Strahl  $1^\circ$ , an den letzten Strahl  $40^\circ$ . Errichte in  $A$  eine Senkrechte.

### Gebrauch des Diagramms.

Greife das Produkt  $(Cl + c)$  auf einem Maßstab ab, setze eine Zirkelspitze in Punkt  $A$  des Diagramms, die andere an die dem Höhenwinkel  $\alpha$  entsprechende Stelle; suche von diesem Punkte aus die Berührungsstelle mit der in  $A$  errichteten Senkrechten. Greife die erhaltene Länge auf dem Maßstab ab; sie entspricht der wagerechten Entfernung.

Zur Berechnung von  $h$  fertige ein Diagramm nach

$$h = D \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

wobei die den Winkeln zugehörigen Tangenswerte mit etwa zehnfacher Überhöhung aufgetragen werden (Abb. 91).

Bei der Berechnung werden beide Diagramme nebeneinander gebraucht, indem die auf dem vorigen abgegriffene wagerechte Entfernung gleich vom 0-Punkt dieses Diagramms aus wagerecht abgesetzt wird. — Ist eine Karte vorhanden, so kann die Länge dieser entnommen werden. — Die senkrechte Entfernung von dem so erhaltenen Punkt bis zu dem, dem Höhenwinkel entsprechenden Strahl, geteilt durch die Überhöhung, ergibt den Höhenunterschied.

Teilt man eine Seite maßstäblich ein und schreibt die Meereshöhen daneben, so kann die Meereshöhe des Zielpunktes daselbst direkt abgegriffen werden, wenn die Meereshöhe des Standpunktes als Ausgangspunkt eingetragen ist.

Z. B. Höhe des Standpunktes = 170,7,  $Cl + c = 83,4$ ,

Höhenwinkel =  $9^\circ 45'$ , Meereshöhe des Zielpunktes = 184,5.

### c) Mit dem Tachymeterschieber.

Als ein sehr bequemes Hilfsmittel dient der Tachymeterschieber von Puller-Breithaupt, welcher die Werte

$$D = \left( \frac{Cl + c}{2} \right) \cdot (1 + \cos 2\alpha) \quad \text{und} \quad h = \left( \frac{Cl + c}{2} \right) \cdot \sin 2\alpha$$

mechanisch ergibt (Abb. 92.)

Stelle den um  $M$  drehbaren Maßstab  $MJ_2$  auf den Teilstrich  $90^\circ$  \*) und verschiebe den Höhenmaßstab  $AA$  so lange, bis bei dem Nullpunkt der Teilung  $BB$  die Höhe  $Hi$  auf  $AA$  erscheint. Schreibe mit Bleistift an die Zehner des Maßstabes  $AA$  die Höhenzahlen. (Dies geschieht für jeden neuen Standpunkt.) Stelle nun mittels des Schiebers  $J_1$  auf dem Maßstab  $MJ_2$  die Zahl  $Cl$  ein, bringe den Maßstab mit Hilfe

\*) Die Teilung  $CC$  ist nach Zenithdistanzen beziffert. Ist der Höhenwinkel  $\alpha = 0^\circ$ , so ist die Zenithdistanz  $Z = 90^\circ$ .



des Index  $J_2$  auf den Winkel  $Z$  und schiebe den Projektionswinkel  $FF$  bis an die Teilung  $BB$  heran. Lies bei der Zahl  $m$  auf  $BB$  — ( $m$  ist die Ablesung am Mittelfaden) — die Höhe  $H$  des aufgenommenen Punktes auf der Teilung  $AA$  und bei der Zahl  $Cl$  auf der Teilung  $DD$  das zugehörige  $\delta$  auf der Teilung  $EE$  ab.\*)

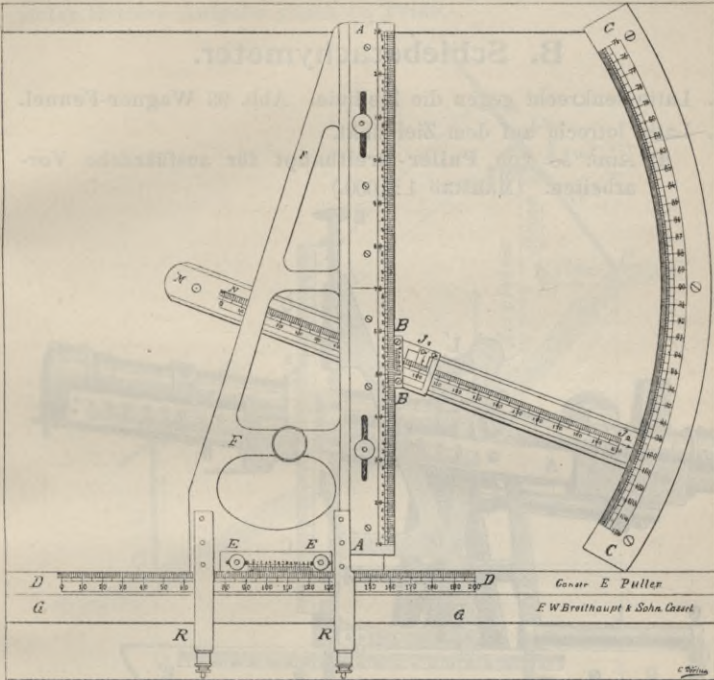


Abb. 92.

In derselben Weise behandle die sämtlichen anderen zu einem Standpunkte zugehörigen Zielpunkte. Um die Entfernung  $D$  zu erhalten, subtrahiere dann später der Reihe nach die Größe  $\delta$  von  $Cl$ .

Z. B.  $Hi = 73,00$   $\alpha = -10^\circ$   $Z = 100^\circ$   $Cl = 100$   $c = 0$ . Für  $Cl = 100$  und  $\alpha = -10^\circ$  wird da  $c = 0$  ist  $h = -50 \cdot \sin 20^\circ = -17,10$  und  $d = 50 \cdot \cos 20^\circ = 46,98$ , folglich  $\delta = 50 - 46,98 = 3,02$  und  $H = 73,0 - 17,10 - 2,50 = 53,10$ , wenn die Ablesung am Mittelfaden = 2,50 ist.

\*) Setzt man in  $D = \left(\frac{Cl+c}{2}\right) (1 + \cos 2\alpha)$ ,  $\frac{Cl+c}{2} \cdot \cos 2\alpha = d$ , so ist  $D = \frac{Cl+c}{2} + d$ ; setzt man ferner  $\frac{Cl}{2} - \left(d + \frac{c}{2}\right) = \delta$ , so ist  $D = Cl - \delta$ .

Diese Werte  $H$  und  $\delta$  liest man an dem Instrumente unmittelbar ab, und zwar die Höhe  $H = 53,40$  bei 2,50 der Teilung  $BB$  und die Differenz  $\delta = 3,02$  auf der Teilung  $EE$  bei der Zahl 100 der Teilung  $DD$ . Die Entfernung  $D$  folgt dann aus  $D = Cl - \delta = 100 - 3,02 = 96,98$  m. Sie wird durch Rechnung festgestellt.

## B. Schiebetachymeter.

1. Latte senkrecht gegen die Ziellinie. Abb. 93 Wagner-Fennel.
2. Latte lotrecht auf dem Zielpunkt.
  - a) Abb. 98 von Puller-Breithaupt für ausführliche Vorarbeiten. (Maßstab 1:1000.)

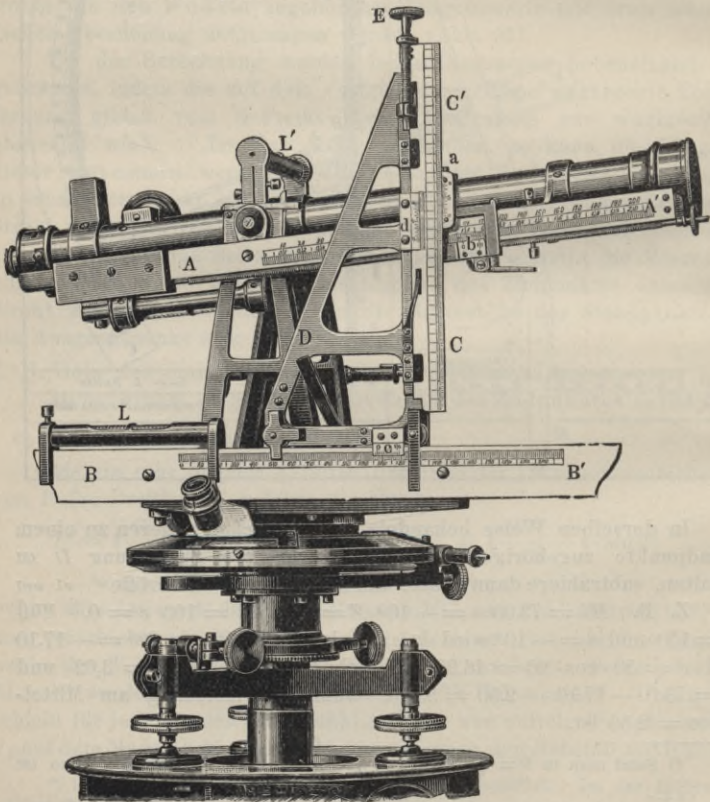


Abb. 98.



b) Abb. 103 von **Puller-Breithaupt** für allgemeine Vorarbeiten.  
(Maßstab 1 : 2500.)

Während bei den Kreistachymetern nur die Unterlagen für die häusliche Berechnung der Richtungswinkel, der Entfernungen und der Höhenunterschiede beschafft werden, lösen die Schiebetachymeter letztere Aufgabe gleich im Felde.

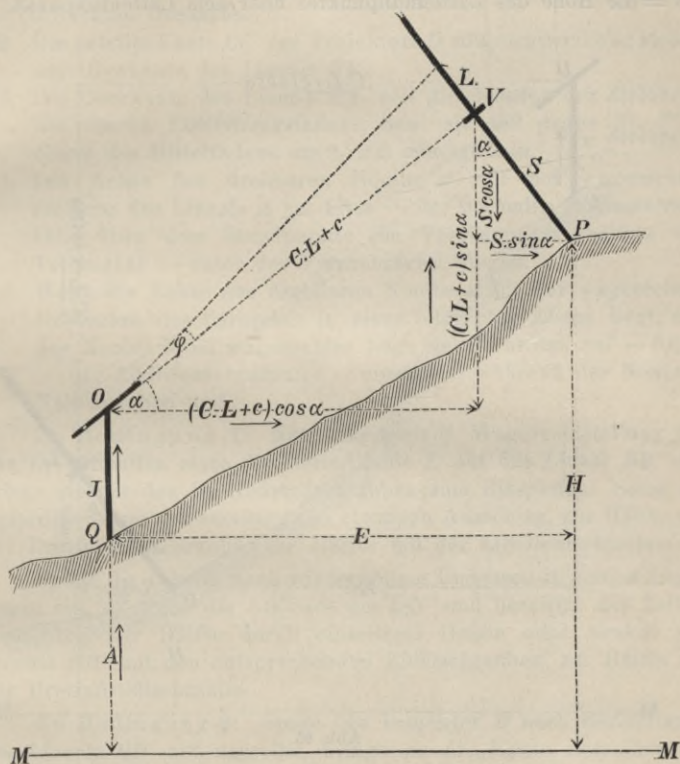


Abb. 94.

1. Der **Wagner-Fennelsche Tachymeter** (Abb. 93) löst die Gleichung (vergl. Abb. 94 und 95)\*):

$$E = (CL + c) \cos \alpha \pm S \cdot \sin \alpha$$

$$H = A + J \pm (C \cdot L + c) \sin \alpha - S \cos \alpha.$$

\*) Ausführliche Beschreibung und Erklärung in „Die Wagner-Fennelschen Tachymeter von A. Fennel. Verlag von Konrad Wittner, Stuttgart“.

- $C$  = die Multiplikationskonstante =  $\cotg \varphi$ ,  
 $L$  = der zwischen den Entfernungsfäden erscheinende Lattenabschnitt,  
 $c$  = die Additionskonstante,  
 $\alpha$  = der Winkel des nach dem Lattennullpunkt gerichteten Zielstrahls gegen die Wagerechte,  
 $\varphi$  = der Winkel zwischen den Zielebenen der Distanzfäden,  
 $S$  = die Höhe des Lattennullpunktes über dem Lattenfußpunkt,

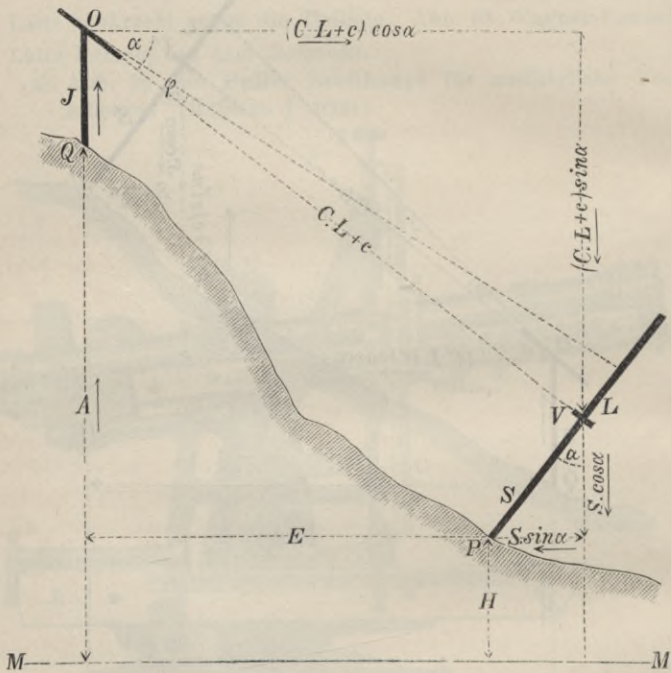


Abb. 95.

- $E$  = die wagerechte Entfernung zwischen Standpunkt und Zielpunkt,  
 $A$  = die Höhe des Standpunktes über einem angenommenen Horizont  
 z. B. Meereshöhe bzw. N. N.,  
 $J$  = die Instrumentenhöhe,  
 $H$  = die Meereshöhe des Fußpunktes der Ziellatte.

Steigt es vom Standpunkte nach dem Zielpunkte, so ist  $S \cdot \sin \alpha$  in Gleichung 1, bzw.  $(CL + c) \sin \alpha$  in Gleichung 2 positiv, fällt es, so sind beide negativ.



### a. Prüfung und Berichtigung.

Bedingungen. Im allgemeinen gilt bezüglich der Libellen, der Zielachse, der Fadenkreuzstellung und der Entfernungsfäden dasselbe wie beim Kreistachymeter.

Im besonderen beachte (Abb. 93):

1. Die Oberkante des Lineals  $BB'$  soll rechtwinkelig sein zur lotrechten Drehachse.
2. Die geteilte Kante  $CC'$  des Projektors  $D$  soll rechtwinkelig stehen zur Oberkante des Lineals  $BB'$ .
3. Die Oberkante des Lineals  $AA'$  soll gleichlaufen der Zielebene des oberen Entfernungsfadens, bzw. sie soll gegen die Zielebene des Mittelfadens um 1:200 geneigt sein.
4. Die Achse des drehbaren Nonius  $a$  soll bei wagerechter Stellung des Lineals  $A$  um 1,5 m — der normalen Instrumentenhöhe über dem Standpunkte (im Verjüngungsverhältnis der Teilungen) — unter der Fernrohrachse liegen.
5. Wenn die Achse des drehbaren Nonius  $a$  mit der wagerechten Drehachse des Fernrohrs in einer lotrechten Ebene liegt, soll der Nonius  $b$  bei wagerechter Lage des Fernrohrs auf  $-0,6$  m, — der Additionskonstanten — eintreten, während der Nonius  $c$  Null angeben muß.

Zu Bedingung 1: Nach allgemeiner Wagerechtstellung mit den Kreuzlibellen setze die Reiterlibelle  $L$  auf das Lineal  $BB'$  und bringe sie mit den Dreifußstellschrauben zum Einspielen. Setze die Reiterlibelle um und beseitige den etwaigen Ausschlag, zur Hälfte mit der Dreifußstellschraube, zur Hälfte mit der Libellenrichtschraube.

Spielt die Libelle nach wiederholtem Umsetzen in beiden Lagen genau ein, so drehe die Alhidade um  $180^0$  und beseitige den halben Ausschlag, zur Hälfte durch einseitiges Heben oder Senken des Lineals  $BB'$  mit den entsprechenden Richtschrauben, zur Hälfte mit der Dreifußstellschraube.

Zu Bedingung 2: Stelle den Projektor  $D$  nach Berichtigung des Lineals  $BB'$  auf dasselbe, bringe an die Kante desselben ein auf das Lineal gesetztes rechtwinkeliges Dreieck, welches durch Umsetzen auf seine Richtigkeit geprüft wurde.

Liegt die Kante des Projektors nicht genau an, so hebe oder senke die linksliegende Laufrolle mit den entsprechenden Richtschrauben, bis es der Fall ist.

Zu Bedingung 3: Stelle nach den vorgenannten Berichtigungen den Nonius  $b$  am Schieber des Lineals  $AA'$  genau auf den Nullpunkt der Linealteilung.

Bringe mit der Feinstellschraube  $E$  des Projektors einen Zehnerstrich der lotrechten Projektorteilung  $CC'$  mit dem Nullstrich des Schieber-Nonius  $a$  in Deckung. Schiebe, ohne an der Stellung des Fernrohrs etwas zu ändern, den Nonius  $b$  auf den Teilstrich 200 des Lineals  $AA'$  und alsdann den Projektor an die Kante des Nonius  $a$ , dessen Nullstrich an der Teilung  $CC'$  nun 1 m — im Verjüngungsverhältnis der Teilung — unter dem eingestellten Zehnerstrich stehen muß. Ist das nicht der Fall, so beseitige den Fehler durch einseitiges Heben oder Senken des Lineals  $AA'$  mit den entsprechenden Richtschrauben.

Zu Bedingung 4: Stelle bei einspielenden Libellen den Nonius  $b$  auf den Nullpunkt der Teilung  $AA'$ . Schiebe den Projektor an die Kante des Nonius  $a$  und stelle einen Zehnerstrich der Teilung  $CC'$  auf den Nullstrich des Nonius  $a$ . Hebe den Projektor ab, schlage das Fernrohr durch, bringe die Libellen zum Einspielen, drehe den Nonius  $a$  um seine Drehachse. Gibt er nun an der Teilung  $CC'$  die Ablesung  $+ 3$  m, so ist die Bedingung erfüllt. Ergibt sich ein anderer Wert, z. B.  $+ 2$  m, so ist der Abstand der Noniusdrehachse von der Fernrohrachse zu klein. Die Achse ist um den halben Unterschied in lotrechter Richtung zu verschieben, die andere Hälfte des Fehlers ist durch Verschiebung der Projektorteilung mit der Feinstellschraube  $E$  zu beseitigen, so daß sich die Ablesung  $+ 3$  m ergibt. Schlage das Fernrohr durch, so muß sich die Ablesung Null ergeben.

Bei einspielenden Libellen muß Nonius  $d$  am Projektor auf demselben Zehnerstrich stehen wie Nonius  $a$  oder nach Lösung der Befestigungsschraubchen entsprechend verschoben werden.

Zu Bedingung 5: Stelle bei einspielenden Libellen den Nonius  $b$  auf  $- 0,6$  m der Teilung  $AA'$ . Schiebe den Projektor an den Nonius  $a$ , lies Nonius  $c$  am wagerechten Lineal  $BB'$  ab. Entferne den Projektor, schlage das Fernrohr durch. Setze den Projektor wieder auf. Ergibt sich am Nonius  $c$  dieselbe Ablesung, so liegt die Drehachse und die Anschlagkante des Nonius  $a$  mit der Fernrohrachse in einer lotrechten Ebene, und Nonius  $b$  hat seine richtige Stellung. Ergab Nonius  $c$  nicht die Ablesung Null, so ist er nach Lösung der Befestigungsschraubchen entsprechend zu verschieben.

Ergab sich, nach dem Durchschlagen, eine andere Ablesung z. B. statt  $+ 0,4$  etwa 0, so ist Nonius  $b$  um die Hälfte des Unterschiedes am Lineal  $AA'$ , hier also um  $+ 0,2$ , zu verschieben.

Stelle den Nonius  $c$  des Projektors auf das Mittel beider Ablesungen, hier also auf  $+ 0,2$  m, ein. Schiebe den Schieber an



die Anschlagkante des Projektors. Schlage das Fernrohr durch, wonach sich dieselbe Ablesung ergeben muß, oder wiederhole das Verfahren, bis es der Fall ist.

Löse die Befestigungsschraubchen des Nonius  $c$  und schiebe denselben, ohne den Projektor zu verschieben, auf den Nullpunkt der Teilung  $BB$ , löse die Befestigungsschrauben des Nonius  $b$  und schiebe ihn, ohne den Schieber zu verrücken, auf die Ablesung — 0,6 der Teilung  $AA$ .

### b) Gebrauch des Schiebetachymeters.

1. Stelle das Instrument auf den I Standpunkt zentrisch und wagerecht auf. Schreibe die gegebene Höhe,  $H_s = A$ , des Standpunktes (Höhe über N. N.) auf. Lies den Wert  $z$  (Unterschied zwischen der Normalhöhe des Instruments, 1,5 m, und der wirklichen Höhe der Ziellinie über dem Standpunkt) an der Lotschnur ab (Abb. 96, Q R)



Abb. 96.

und schreibe ihn auf. Bilde den Unterschied  $A - z$ , schreibe ihn auf und stelle ihn am Nonius  $d$  des Projektors  $D$  ein. Beschreibe die Zehner der Projektorteilung den Höhen entsprechend mit einem weichen Bleistift.

Setze den Projektor  $D$  auf das Lineal  $BB$ .

2. Richte das Fernrohr nach der Latte, stelle den oberen Faden (scheinbar den unteren) des Entfernungsmessers auf die Nullmarke der Latte, lies den unteren Faden (der im oberen Lattenteil steht) ab vermerke die Ablesung in Spalte 3, Muster H (Spalte 2, Muster J) und stelle sie am Nonius  $b$  des Fernrohrlineals  $A$  ein.

Der Lattenträger neigt die Latte soweit vorwärts bzw. rückwärts, bis er über die Kante des Zielbrettchens oder durch ein Zielröhrchen das Fernrohr anzielt, während die Querlibelle einspielt, und der Beobachter nur die vorderen schwarzen Flächen des Zielbrettchens (Abb. 97) erblickt.

3. Winke den Lattenträger ab.

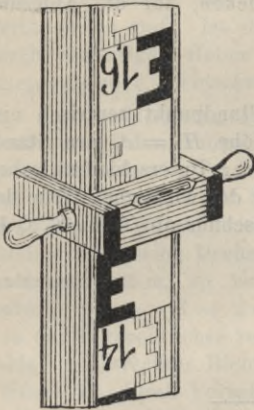


Abb. 97.

4. Schiebe den Projektor *D* an die Kante des drehbaren Nonius *a* heran, lies am Nonius *c* die wagerechte Entfernung des Lattenfußpunktes vom Standpunkte des Instrumentes ab, vermerke sie in Spalte 8, Muster H (Spalte 3, Muster J). Lies am Nonius *a* die Meereshöhe des Lattenfußpunktes ab und vermerke sie in Spalte 11 (bzw. in Spalte 4).

5. Lies am Teilkreis den wagerechten Winkel ab und vermerke ihn in Spalte 7 (bzw. Spalte 5). Bei den Richtungen nach den Wechsellpunkten (I, II, III) lies beide Nonien ab und mache eine zweite Beobachtung mit durchgeschlagenem Fernrohr. Für die Nebenpunkte genügt eine Schätzung (am Nullstrich des Nonius, auf

5 Minuten). Soll der Standlinienzug tachymetrisch festgelegt werden, so geschieht das durch Vor- und Rückblick. Gestatteter Unterschied zwischen Vor- und Rückzielung bei 200 m Entfernung, für *H* etwa 0,05 m, für *E* etwa 0,3 m.

## 2. Schnellmesser f. lotrecht stehende Latte von Puller-Breithaupt.\*)

a. Für ausführliche Vorarbeiten Maßstab 1:1000.

Die Bauart ist aus Abb. 98, Vorder-Ansicht, ersichtlich.

Auf einem Dreifuß befindet sich ein in  $\frac{1}{3}^0$  geteilter Magnaliumkreis von 42,5 cm Durchmesser mit diesem fest verbunden. Eine im Dreifuß drehbare Säule bildet oben ein bockförmiges Lager für die wagerechte Achse, die an der einen Seite das Fernrohr, an der anderen Seite den Projektionsapparat trägt.

Der Projektionsapparat löst die Gleichungen:

$$\left. \begin{array}{l} 1. D = [k \cdot l \cos (\alpha + \beta) + c] \cdot \cos \alpha, \\ 2. h = [k \cdot l \cos (\alpha + \beta) + c] \cdot \sin \alpha, \\ 3. H = (H_s + i - u) + h. \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Diese Gleichungen} \\ \text{ergeben sich aus} \\ \text{Abb. 99.} \\ k = \frac{1}{\sin \beta} = 100; c = 0,4. \end{array}$$

\*) „Die Puller-Breithauptschen Schnellmesser“ von F. W. Breithaupt & Sohn, Cassel 1902. Im Selbstverlag.



Seine Anordnung ist in Abb. 100 durch einfache Linien dargestellt, worin  $MF$  die Zielrichtung des Unterfadens bedeutet,  $MA$  ein mit dem Fernrohr fest verbundener Arm ist, dessen Punkt  $A$  auf der um den Winkel  $\beta$  gegen die Wagerechte geneigte Linie  $AB$  gleitet.

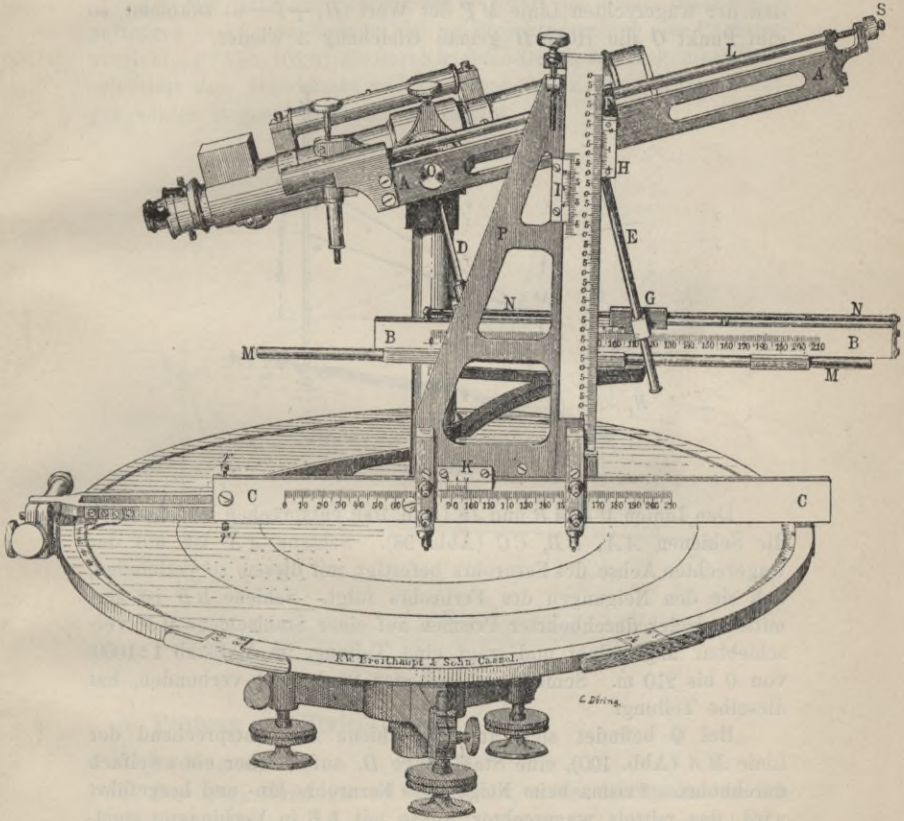


Abb. 98.

$BF$  ist gleichlaufend mit  $MA$  und senkrecht zu  $MF$ .  $KO$  ist die lotrechte Kante des Projektionswinkels  $KON$ .  $G$  ist ein drehbarer Nonius, dessen Drehpunkt  $O$  um die Größe der Additionskonstanten  $e$ , von  $F$  entfernt ist. Macht man  $AB = k \cdot l$ , so wird:

$$\begin{aligned} AE &= MF = k \cdot l \cdot \cos(\alpha + \beta), \\ MO &= kl \cdot \cos(\alpha + \beta) + c, \\ MP &= MO \cos \alpha = D, \\ OP &= MO \cdot \sin \alpha = h. \end{aligned}$$

Schiebt man nun die Teilung des Projektors, am Nonius  $J$ , so, daß der wagerechten Linie  $MP$  der Wert  $(H_s + i - u)$  zukommt, so gibt Punkt  $O$  die Höhe  $H$  gemäß Gleichung 3 wieder.

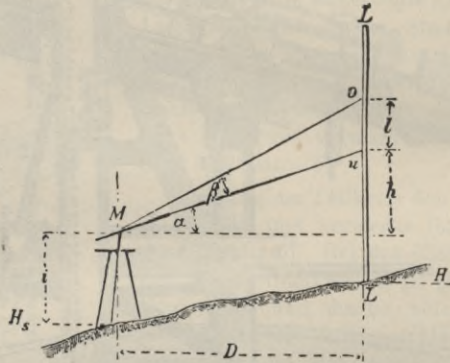


Abb. 99.

Den Linien  $MF$ ,  $AB$  und  $JK$  (Abb. 100) entsprechen beziehentlich die Schienen  $AA$ ,  $BB$ ,  $CC$  (Abb. 98). Schiene  $AA$  ist auf der wagerechten Achse des Fernrohrs befestigt, mit diesem so verbunden, daß sie den Neigungen des Fernrohrs folgt. Schiene  $BB$  ist mittels dreier durchbohrter Prismen auf einer Stahlschiene  $MM$  verschiebbar angeordnet und trägt eine Teilung, im Maßstab 1:1000, von 0 bis 210 m. Schiene  $CC$ , mit der Säule fest verbunden, hat dieselbe Teilung.

Bei  $O$  befindet sich an der Schiene  $AA$ , entsprechend der Linie  $MA$  (Abb. 100), eine Stahlstange  $D$ , auf welcher ein zweifach durchbohrtes Prisma beim Neigen des Fernrohrs hin- und hergeführt wird, das mittels wagerechter Achse mit  $BB$  in Verbindung steht.

Oberhalb  $AA$  ist eine Stahlstange  $LL$  angebracht, auf welcher die Stahlstange  $E$  (entsprechend der Linie  $FB$ , Abb. 100) mit Hilfe eines Schiebers  $F$  eingestellt werden kann. Auf  $E$  bewegt sich der Schieber  $G$ , der wieder auf einer Stange  $NN$  geführt wird und einen Nonius, zur Einstellung auf die Teilung  $BB$ , trägt.

Der Projektionswinkel  $P$  kann auf der Schiene  $CC$  verschoben werden, bis er an dem, auf  $F$  drehbaren, Nonius  $H$  anliegt



Der Nonius  $J$  am Projektor  $P$  dient zur Einstellung der Höhe ( $H_s + i - u$ ), was mit der oben am Projektor befindlichen Feinstellschraube geschieht.

Der Nonius  $K$  am Projektor dient zum Ablesen der wagerechten Entfernung.

Um die aufgenommenen Punkte sofort im Felde maßstäblich auftragen zu können, befindet sich am Projektor seitlich eine Punktiervorrichtung (Abb. 103, n), die durch leichten Druck den Zielpunkt, genau orientiert zum Standpunkt und zum Standlinienzug, auf einem aufgespannten Bogen Pauspapier wiedergibt.

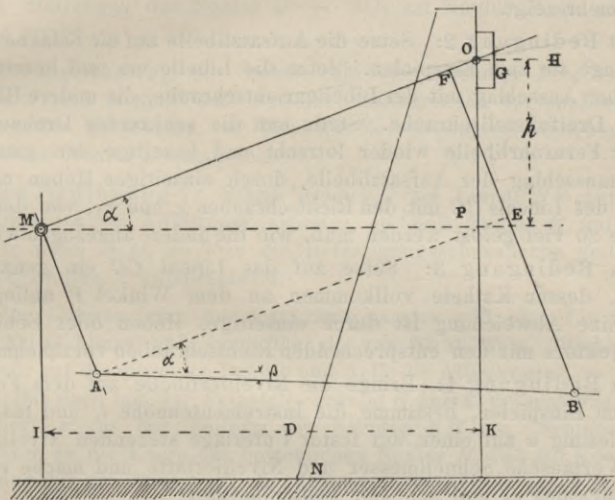


Abb. 100.

### β) Prüfung und Berichtigung.

Bedingungen:

1. Der Magnaliumkreis sei wagerecht, wenn die Drehachse lotrecht steht.
2. Die Oberkante der Schiene  $CC$  sei wagerecht.
3. Die Teilungskante des Projektors  $P$  sei, aufgesetzt auf die Schiene  $CC$ , lotrecht.
4. Bei wagerechter Zielung durch den Unterfaden  $u$  spiele die Fernrohrlibelle ein.
5. Die Schiene  $AA$  sei gleichlaufend der Zielung durch den Unterfaden.

6. Die Nonien *H* und *J* sollen bei wagerechter Zielung in der Höhenangabe übereinstimmen.

7. Nonius *K* gebe eine um 0,4 m größere Ablesung als Nonius *G*.

Zu Bedingung 1: Nach fester Aufstellung des Schnellmessers und annähernder Wagerechtheilung der Platte mit einer Dosenlibelle, bringe die Röhrenlibelle zuerst über zwei Dreifußstellschrauben und dann über der dritten zum Einspielen. Drehe das Fernrohr um 180° und beseitige einen etwaigen Ausschlag, zur Hälfte mit der Dreifußstellschraube, zur Hälfte mit der Feinstellschraube für die wagerechte Achse, bis sich bei voller Umdrehung kein Ausschlag mehr zeigt.

Zu Bedingung 2: Setze die Aufsatzlibelle auf die Schiene *CC* und bringe sie zum Einspielen. Setze die Libelle um und beseitige den halben Ausschlag mit der Libellenrichtschraube, die andere Hälfte mit der Dreifußstellschraube. Stelle nun die senkrechte Drehachse mit der Fernrohrlibelle wieder lotrecht und beseitige den ganzen Libellenausschlag der Aufsatzlibelle, durch einseitiges Heben oder Senken des Lineals *CC* mit den Richtschrauben *r* und *r*<sub>1</sub>, von denen die eine so viel gelöst werden muß, wie die andere angezogen wird.

Zu Bedingung 3: Setze auf das Lineal *CC* ein genaues Dreieck, dessen Kathete vollkommen an dem Winkel *P* anliegen muß. Eine Abweichung ist durch einseitiges Heben oder Senken des Projektors mit den entsprechenden Richtschrauben vorzunehmen.

Zu Bedingung 4: Bringe die Nivellierlibelle auf dem Fernrohr zum Einspielen, bestimme die Instrumentenhöhe *i*, und mache eine Ablesung *u* auf einer, auf fester Unterlage stehenden Nivellierlatte. Vertausche Schnellmesser und Nivellierlatte und mache eine zweite Messung *i*<sub>2</sub> und *u*<sub>2</sub>. Der Fehler beträgt:

$$f = \frac{(i_1 + i_2) - (u_1 + u_2)}{2},$$

um diesen ist die Ablesung *u*<sub>2</sub> mittels der Feinstellschraube des Fernrohrs (oder durch Verschiebung des Fadenkreuzes) größer oder kleiner zu machen.

$$\begin{array}{r} \text{Z. B. } i_1 = 1,453 \\ \quad i_2 = 1,387 \\ \hline i_1 + i_2 = 2,840 \end{array} \qquad \begin{array}{r} u_1 = 0,976 \\ \quad u_2 = 1,782 \\ \hline u_1 + u_2 = 2,758 \end{array}$$

$$f = \frac{2,840 + 2,758}{2} = +0,041.$$

Ist die Einstellung mit der Feinstellschraube geschehen, so bringe die Nivellierlibelle mit ihren Richtschrauben zum Einspielen.



Die Instrumentenhöhe kann entweder nach dem beim Nivellieren üblichen Verfahren bestimmt werden, oder mit einem zum Messen eingerichteten Lotmeßbändchen (Abb. 75), das, am Lothaken aufgehängt als Senkel dienend, die Instrumentenhöhe direkt ergibt.

Zu Bedingung 5: Stelle bei einspielenden Libellen den Nonius  $G$  auf den Nullpunkt des Lineals  $BB$ , lies den Nonius  $H$  ab, schiebe den Nonius  $G$  in die Mitte, etwa bis 100, dann an das Ende, bis 200, mache am Nonius  $H$  zwei weitere Ablesungen. Stimmen sie mit ersterer und untereinander nicht überein, so hebe oder senke die Schiene  $AA$  mit den entsprechenden Richtschrauben, bis — in sämtlichen Stellungen des Nonius  $G$  — sich am Nonius  $H$  die gleiche lesung ergibt.

Zu Bedingung 6: Stehen bei einspielenden Libellen die Nonien  $J$  und  $H$  nicht auf demselben Zehnerstrich der senkrechten Teilung des Projektors, so löse die Befestigungsschraubchen und verschiebe Nonius  $J$  entsprechend.

Zu Bedingung 7: Stelle Nonius  $G$  am Lineal  $BB$  auf den Teilstrich 0,4 (= Additionskonstante), so muß Nonius  $K$  auf Null stehen; wenn nicht, so löse die Befestigungsschraubchen und verschiebe Nonius  $K$  entsprechend.

Zur Untersuchung des Punktierapparates miß eine Linie von etwa 200 m Länge und verpfähle sie von 20 zu 20 m. Richte das Fernrohr auf die einzelnen Punkte und stelle die Ablesungen  $l = 0 - u$  der Reihe nach mit der Feinstellschraube  $S$  durch Verschiebung des Schiebers  $F$  an der Teilung der Schiene  $BB$  ein. Schiebe den Projektor an die Kante des beweglichen Nonius  $H$ , lies zur Kontrolle die Länge  $D$  am Nonius  $K$  ab. Drücke den Punktierknopf auf das auf der Magnesiumplatte befindliche Pauspapier und vermerke die abgelesene Länge daneben.

Liegen die erhaltenen Punkte nicht in einer geraden Linie, und entsprechen die Entfernungen nicht den beigeschriebenen Ablesungen, so muß die Spitze des Punktierapparates verschoben werden.

Zur Prüfung der Höhenangabe nivelliere einige ca. 100 bis 200 m entfernt liegende Punkte genau ein, bestimme deren Höhenlage mit dem Schnellmesser und vergleiche die Ergebnisse miteinander. Oder stelle den Unterfaden der Reihe nach auf 1, 2, 3, 4 m der auf 100 m Entfernung stehenden Nivellierlatte. Während die Höhen entsprechend abweichen, müssen die abgelesenen Entfernungen gleich bleiben.

γ) Gebrauch des Schnellmessers. (Abb 102.)

Stelle das Instrument auf den Winkelpunkt des Standlinienzuges zentrisch und lotrecht auf. Bestimme die Instrumentenhöhe  $i$  mit dem in Abb. 75 dargestellten Meßbändchen und berechne die Höhe ( $H_s + i - u$ ).  $H_s$  ist die Meereshöhe des Standpunktes,  $u$  wird zweckmäßig = 2,000 m genommen. Stelle diese Höhe durch Verschiebung der senkrechten Projektorteilung am Nonius  $J$  ein. Schreibe mit weichem Bleistift an die Zehnerstriche der senkrechten Projektorteilung die entsprechenden Ziffern.

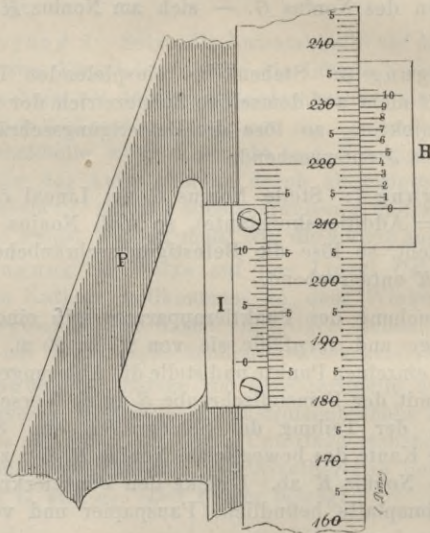


Abb. 101.

Richte den Unterfaden  $u$  auf die aufzunehmenden Zielpunkte und stelle ihn mit der Feinstellschraube für die Kippbewegung auf 2,000 der Nivellierlatte ein. Lies den oberen Faden ab und stelle den Unterschied  $o - u = l$ , bzw.  $kl$ , mit dem Nonius  $G$  an der Teilung  $BB$  ein. Schiebe den Projektor an den beweglichen Nonius  $H$  und lies am Nonius  $H$  auf der lotrechten Projektorteilung die Meereshöhe ab. Drücke auf den Punktierknopf und schreibe die abgelesene Meereshöhe neben den Punkt, der durch ein kleines Kreuz bezeichnet wird. Beispiel:  $H_s = 187,47$ ,  $i = 1,35$ ,  $u = 2,00$ ,  $H_s + i - u = 186,82$ ,  $kl = 165,7$ ,  $H = 212,35$ ,  $D = 161,80$ , (Ein-



stellung siehe Abb. 101). Ist eine Einstellung des Unterfadens auf 2,000 nicht möglich, wenn z. B. der Lattenteil verdeckt ist, so stelle auf einen anderen vollen Meter, z. B. 3,000, ein und bringe den Unterschied  $3,0 - 2,0 = 1,0$  von der abgelesenen Meereshöhe in Abzug.

Sind sämtliche Punkte aufgenommen (Abb. 101), so lege den Bogen Pauspapier in eine Mappe, spanne einen anderen Bogen auf und stelle das Instrument auf den nächsten Standpunkt.

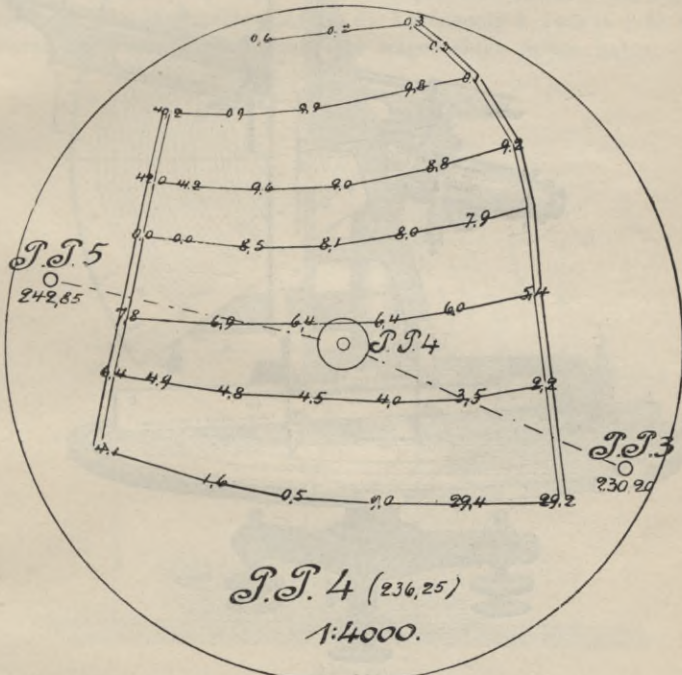


Abb. 102.

Liegt ein Punkt dem Mittelpunkt so nahe, daß ein Beisprechen der Höhe nicht möglich ist, so bezeichne die Richtung des Strahles am Rande des Bogens mit Bleistift und schreibe die am Nonius *K* abgelesene Länge sowie die Höhe daneben. Die Ergänzung erfolgt dann nach Abnahme des Bogens (siehe Abb. 105).

Die Richtung der Standlinien kann am Rande der wagerechten Platte genau genug abgelesen werden, wenn man es nicht vorzieht

die Winkel mit einem Theodoliten — getrennt von der Geländeaufnahme — zu messen.

δ) **Auftragen der Messung.**

Nachdem der Winkelzug mit dem Transporteur oder besser auf Grund einer Koordinatenberechnung aufgetragen ist, lege man

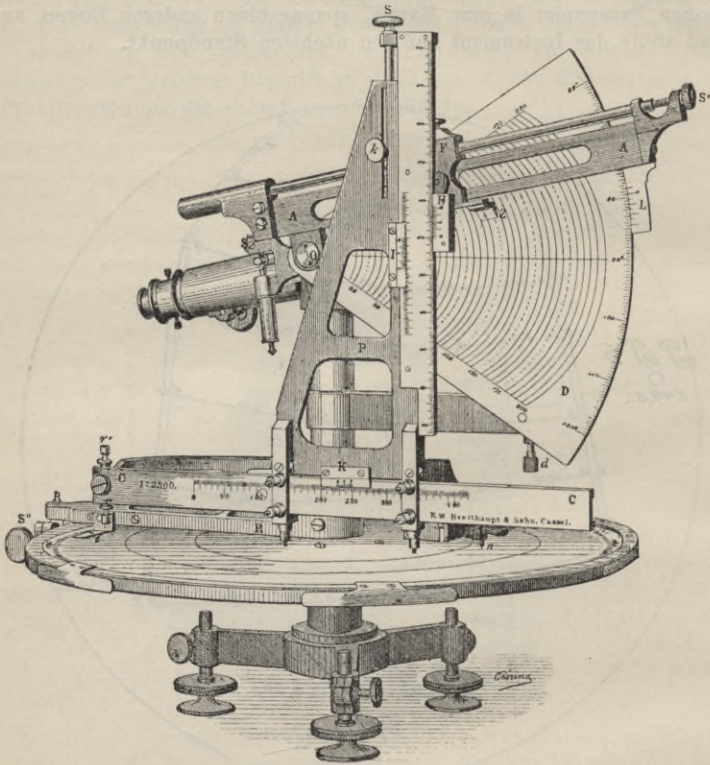


Abb. 103.

die Pause zentrisch auf den Winkelpunkt, so daß die Standlinien sich decken. Stich mit einer Pausnadel die vermerkten Punkte durch, schreibe die Höhenzahlen daneben.

Hierauf folgt die Zeichnung der Höhenlinien.

**Schnellmesser Puller-Breithaupt.**

b) Für allgemeine Vorarbeiten Maßstab 1:2500.\*)

α) Einrichtung (Abb. 103).

\*) Der Puller-Breithauptsche Schnellmesser für das Verhältnis 1:2500 von F. W. Breithaupt & Sohn, Cassel, im Selbstverlag.



Bei diesem Schnellmesser besteht die Projektionsvorrichtung zur Lösung der Gleichungen:

$$\begin{cases} D = k \cdot l \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \cos \alpha, \\ h = k \cdot l \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha, \\ H = (H_s + i - u) + h \end{cases} \begin{cases} \text{dieselben Gleichungen, wie für den} \\ \text{Schnellmesser Abb. 98, nur ist die} \\ \text{Additionskonstante } c \text{ vernachlässigt} \end{cases}$$

aus einer, über die wagerechte Achse des Fernrohrs geschobenen, Scheibe  $D$ , auf welcher ein System von Kurven derart dargestellt ist, daß diese überall für einen Winkel  $\alpha$ , den eine Zielung des Unterfadens mit der Wagerechten bildet die Entfernung  $k \cdot l \cos(\alpha + \beta)$ , von einem gemeinsamen Mittelpunkt der wagerechten Achse, haben.

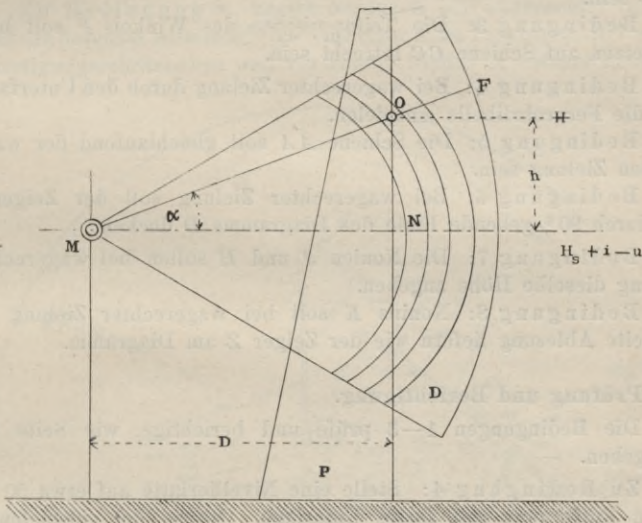


Abb. 104.

In Abb. 104 ist die Anordnung derselben linear dargestellt.

$$\begin{aligned} MO &= k \cdot l \cos(\alpha + \beta), \\ MN &= MO \cos \alpha = D, \\ NO &= MO \cdot \sin \alpha = h. \end{aligned}$$

Legt man  $MN$  in die Höhenlage des Wertes  $(H_s + i - u)$ , so entspricht  $O$ , auf der Zielung des Unterfadens liegend, der Höhe  $H$  des Zielpunktes.

In Abb. 103 kann der Zeiger  $Z$  mit dem Schieber  $F$  auf der Schiene  $A$  mittels der Schraube  $S$ , in der Richtung der Unterfadenzielung hin- und hergeschoben werden. Stellt man nun den Zeiger  $Z$  auf den Wert  $k \cdot l$  an der Scheibe  $D$  ein, so ist seine Entfernung von der wagerechten Fernrohrachse  $O$  gleich  $ZO = k \cdot l \cdot \cos(\alpha + \beta)$ , deren Projektion auf die lotrechte Teilung des Projektors  $h = k \cdot l \cos(\alpha + \beta) \cdot \sin \alpha$  und ihre Projektion auf die Teilung der wagerechten Schiene  $CC$  gleich  $D = kl \cdot \cos(\alpha + \beta) \cdot \cos \alpha$ , wenn der Schnellmesser folgenden Bedingungen genügt.

Bedingung 1: Der Magnaliumkreis soll wagerecht bzw. die Drehachse soll lotrecht sein.

Bedingung 2: Die Oberkante der Schiene  $CC$  soll wagerecht sein.

Bedingung 3: Die Teilungskante des Winkels  $P$  soll beim Aufsetzen auf Schiene  $CC$  lotrecht sein.

Bedingung 4: Bei wagerechter Zielung durch den Unterfaden soll die Fernrohrlibelle einspielen.

Bedingung 5: Die Schiene  $AA$  soll gleichlaufend der wagerechten Zielung sein.

Bedingung 6: Bei wagerechter Zielung soll der Zeiger  $Z$  die durch  $90^\circ$  gehende Linie des Diagramms  $D$  decken.

Bedingung 7: Die Nonien  $J$  und  $H$  sollen bei wagerechter Zielung dieselbe Höhe angeben.

Bedingung 8: Nonius  $K$  soll bei wagerechter Zielung die doppelte Ablesung liefern wie der Zeiger  $Z$  am Diagramm.

### β) Prüfung und Berichtigung.

Die Bedingungen 1—3 prüfe und berichtige, wie Seite 110 angegeben.

Zu Bedingung 4: Stelle eine Nivellierlatte auf etwa 50 bis 100 m Entfernung auf fester Unterlage. Mache bei einspielender Röhrenlibelle eine genaue Ablesung  $u$  an der Latte. Schlage das Fernrohr durch und mache eine zweite Ablesung mit dem Unterfaden. Mittele beide Ablesungen und stelle den Unterfaden an der Latte auf das Mittel ein. Bringe alsdann die Libelle mit den Libellenrichtschrauben zum Einspielen.

Z. B. 1. Ablesung am Unterfaden  $u_1 = 1,32$  m  
(im Fernrohr oben)

2. Ablesung am Unterfaden  $u_2 = 1,30$  m  
(im Fernrohr unten)  $u_1 + u_2 = 2,62$  m  
Mittel = 1,31 m.



Zu Bedingung 5: Bei einspielenden Libellen muß Nonius  $H$  dieselbe Ablesung ergeben, so oft auch der Schieber  $F'$  bzw. der Projektor verschoben wird. Ist es nicht der Fall, so hebe oder senke die Schiene  $AA$  einseitig mit den entsprechenden Richtschrauben.

Zu Bedingung 6: Stelle bei einspielenden Libellen den Zeiger  $Z$  auf den Anfang der  $90^\circ$ -Linie ein und verschiebe ihn bis an das andere Ende. Verläßt er die  $90^\circ$ -Linie, so berichtige den Fehler durch Anziehen oder Lösen der Schraubchen  $d$ .

Zu Bedingung 7: Decken die Nonien  $H$  und  $J$  bei wagerechter Sicht nicht denselben Zehnerstrich, so verschiebe Nonius  $J$  nach Lösung der Befestigungsschraubchen.

Zu Bedingung 8: Ergibt Nonius  $K$  bei wagerechter Zielung nicht die doppelte Ablesung, wie der Zeiger  $Z$  am Diagramm, so löse die Befestigungsschraubchen und verschiebe Nonius  $K$  entsprechend.

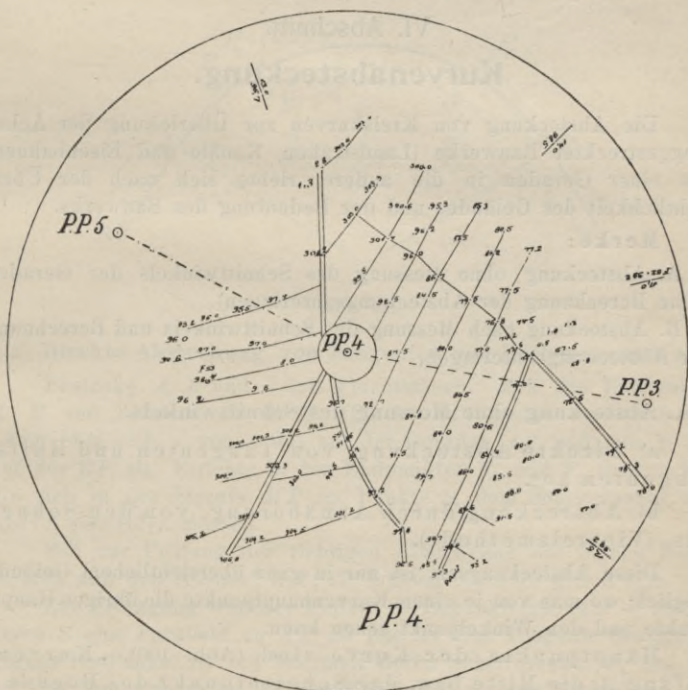


Abb. 105.

γ) Gebrauch des Schnellmessers (Abb. 105).

Man gebraucht diesen Schnellmesser ebenso wie den Seite 106 beschriebenen, nur stellt man den mit den Entfernungsfäden bestimmten Lattenabschnitt  $o-u=l \times k - (k=200)$  —, also  $200 \times l$  mittels des Zeigers  $Z$ , durch Schiebung des Schiebers  $F$  mit der Feinstellschraube  $S_1$  am Diagramm ein, worauf die Punktierung auf das aufgespannte Pauspapier, die Ablesung der Höhe und der Vermerk derselben auf dem Pauspapier in derselben Weise erfolgt, wie Seite 112 angegeben.

Dieser Schnellmesser kann auch wie ein Kreistachymeter gebraucht werden, weil die Scheibe  $D$  am Rande eine Gradteilung mit Nonius zur Messung von Höhenwinkeln hat. Zum Messen der wahren Winkel dient die am Rande in  $1/3^0$  geteilte Magnesiumplatte mit Nonius.

## VI. Abschnitt.

### Kurvenabsteckung.

Die Absteckung von Kreiskurven zur Überleitung der Achse langgestreckter Bauwerke (Landstraßen, Kanäle und Eisenbahnen) aus einer Geraden in die andere, richtet sich nach der Übersichtlichkeit des Geländes und der Bedeutung des Bauwerks.

Merke:

A. Absteckung ohne Messung des Schnittwinkels der Geraden (ohne Berechnung der Absteckungsunterlagen).

B. Absteckung nach Messung des Schnittwinkels und Berechnung der Absteckungsunterlagen.

#### A. Absteckung ohne Messung des Schnittwinkels.

a) Direkte Absteckung, von Tangenten und Hilfstangenten aus.

b) Absteckung durch Annäherung, von den Sehnen aus, (Viertelsmethode).

Diese Absteckungsart ist nur in ganz übersichtlichem Gelände möglich, wo man von je einem Kurvenhauptpunkte die übrigen Hauptpunkte und den Winkelpunkt sehen kann.

Hauptpunkte der Kurve sind (Abb. 106), „Kurvenanfang  $A$ , die Mitte bzw. der Scheitelpunkt des Bogens  $S$  Kurvenende  $E^4$ .



Sie werden im Felde zuerst abgesteckt, mit einem Lochpfahl oder einem Drainrohr vermarkt und mit einem etwa 50 cm über der Erde hervorragenden Beipfahl sichtbar gemacht. Der Beipfahl erhält die entsprechende Aufschrift  $A, S, E$  und die Stationslänge (km ...); er wird 20 cm weiter in die Vorwärtsrichtung der Achse geschlagen als der Grundpfahl. Ist Kurvenanfang  $A$  gegeben, so mißt dessen Entfernung vom Winkelpunkt  $P$  zweimal genau und setze (zur Bestimmung von Kurvenende =  $E$ ), das Mittel aus beiden Messungen,  $t$ , von  $P$  aus, auf der anderen Geraden ab.

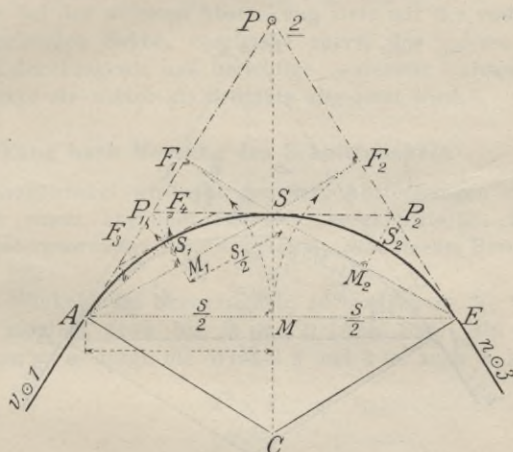


Abb. 106.

a) **Direkte Absteckung, von Tangenten und Hülftangenten aus.**

Bestecke  $A, E$  und  $P$  mit Fluchtstäben. Miß die Entfernung  $A-E$  und halbiere sie in  $M$ . Fluchte  $MP$  genau aus. Miß die Länge  $AM = \frac{1}{2}s$ , von  $A$  aus auf der Geraden  $AP$ , und, von  $E$  aus auf der  $EP$ , ab. Errichte in den Endpunkten  $F_1$  und  $F_2$  Senkrechte, die sich in der Strecke  $MP$  im Punkte  $S$ , dem Scheitelpunkt der Kurve, schneiden müssen.

Miß zur Prüfung der richtigen Absteckung die beiden Senkrechten und den Abstand  $SM$ ; sie müssen einander gleich sein.

Zur Erlangung weiterer Punkte — Bogenkleinpunkte — stecke durch  $S$  eine Parallele zu  $AE$  ab (sie ist eine Tangente des Kreisbogens im Punkte  $S$ ) und bestimme deren Schnittpunkte  $P_1$  und  $P_2$  mit den Haupttangente  $AP$  und  $FP$ , durch genaues Einfluchten, von  $A$  bzw. von  $E$  aus.

Halbiere die Sehne  $AS$  in  $M_1$ , fluchte  $M_1P_1$  aus, setze  $\frac{1}{2}s_1$ , von  $A$  aus auf der  $AP_1$  und, von  $S$  auf der  $SP_1$ , ab.

Errichte in den Endpunkten  $F_3$  und  $F_4$  Senkrechte, die sich in der  $P_1M_1$  in  $S_1$ , dem Scheitelpunkt des halben Bogens, schneiden müssen. Miß zur Prüfung die beiden Senkrechten; sie müssen einander und dem Abstand  $S_1M_1$  gleich sein.

Halbiere die Sehne  $SE$  und setze im Halbierungspunkte die soeben gemessene  $S_1M_1$  als Ordinate ab. \*  $S_2$  ist ein weiterer Bogenpunkt.

Werden noch weitere Bogenkleinpunkte gewünscht, so lege durch  $S_1$  eine Parallele zu  $AS$  und setze das Verfahren in gleicher Weise fort.

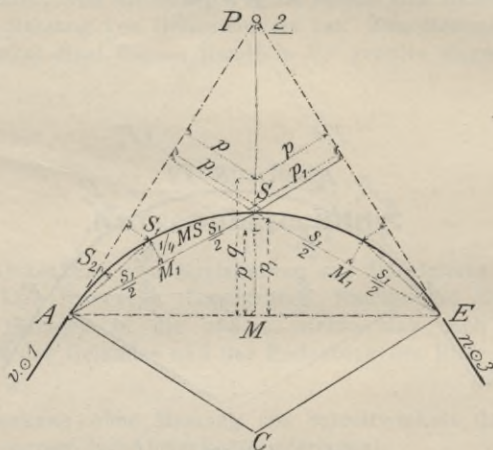


Abb. 107.

b) Absteckung durch Annäherung, von den Sehnen aus (Viertelmethode) (Abb. 107).

Fluchte, nach Bestimmung von Kurvenende  $E$ , die  $AE$  genau aus, fälle mit einem Winkelspiegel oder dgl. eine Senkrechte von  $P$  auf die  $AE$ , gleich  $MP$ .

Richte ungefähr in der Mitte von  $MP$  einen Fluchtstab ein, bestimme seinen rechtwinkligen Abstand von den Tangenten  $= p$  und seine Entfernung von  $M = q$ . Ist  $p = q$ , so steht der Fluchtstab im Scheitelpunkt. Ist  $p$  größer als  $q$ , so verschiebe den Fluchtstab um den halben Unterschied nach  $P$  hin, im umgekehrten Falle, rücke ihn um den halben Unterschied nach  $M$  hin.

Bestimme die rechtwinkligen Abstände wiederholt, vergleiche sie mit der Entfernung von  $M$  und rücke den Fluchtstab nochmals um den zuletzt ermittelten halben Unterschied.



Setze das Verfahren fort bis die rechtwinkligen Abstände von den Tangenten und der Sehne einander gleich sind.

Fluchte alsdann die Sehnen  $AS$  und  $ES$  aus, halbiere sie und setze in den Halbierungspunkten  $1/4$  der vorher ermittelten Pfeilhöhe als Ordinaten ab. Prüfe die Absteckung durch Messung der rechtwinkligen Abstände von den Haupttangente und mittele einen etwaigen Unterschied, so ergeben sich zwei weitere Punkte des Bogens.

Zur Erlangung beliebig vieler Bogenkleinpunkte halbiere fortgesetzt die neu entstandenen Sehnen und setze in den Halbierungspunkten jedesmal  $1/4$  der zuletzt abgesetzten Pfeilhöhe als Ordinate ab.

Beginne bei der weiteren Absteckung stets mit der von  $A$  bzw. von  $E$  ausgehenden Sehne, vergleiche zuerst den rechtwinkligen Abstand von der Tangente und berichtige darnach die abzusetzende Pfeilhöhe, bevor sie weiter als Ordinate abgesetzt wird.

### B. Absteckung nach Messung des Schnittwinkels.

Der Schnittwinkel wird für genauere Absteckungen mit einer Bussole oder einem Theodolit gemessen, vergl. Seite 33; für Absteckungen untergeordneter Bauwerke genügt eine lineare Bestimmung (vergl. Seite 22).

Ist der Winkelpunkt unzugänglich, so verlängere die Geraden so weit als möglich, etwa bis  $B$  und  $D$  (Abb. 108). Miß die  $BD$  zweimal genau =  $a$ , desgl. die Winkel  $\beta$  und  $\delta$  (s. auch S. 134 C.)

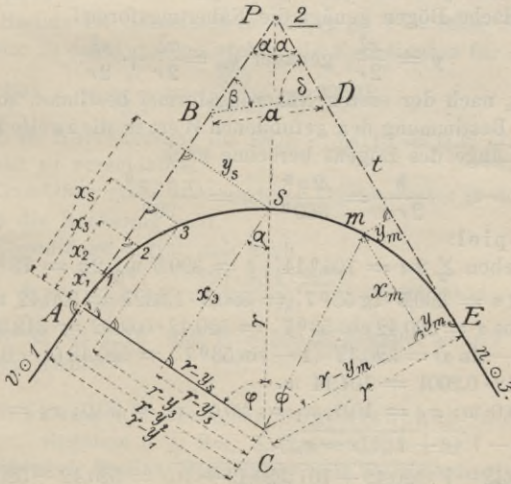


Abb. 108.

Den Schnittwinkel  $2\alpha$  berechne nach  $2\alpha = 180^\circ - (3 + \delta)$ . Die Entfernungen  $BP$  und  $DP$  berechne nach dem Sinussatz:

$$BP = \frac{a \cdot \sin \delta}{\sin (3 + \delta)}; \quad DP = \frac{a \cdot \sin \beta}{\sin (3 + \delta)}.$$

Ist der Kurvenanfang gegeben, so ist  $t = AB + BP$ . Kurvenende bestimme durch Abmessung der Länge  $t - DP$ , von  $D$  aus, auf der anderen Geraden.

**1. Absteckung auf Grund rechtwinkliger Koordinaten von der Tangente aus.**

a) Mit gleichen Tangenten-Abschnitten — Abszissenunterschieden — (Abb. 106) gegeben:  $\sphericalangle 2\alpha$ ; die Tangente  $AP = t - \sphericalangle 2\varphi = 180^\circ - 2\alpha$ .

Berechne zunächst den Radius  $r = t \cdot \operatorname{tg} \alpha$ , alsdann die Koordinaten für die Absteckung des Scheitelpunktes:

Tangentenabschnitt (Abszisse)  $x_s = r \cos \alpha$   
 rechtwinkliger Abstand (Ordinate)  $y_s = r (1 - \sin \alpha)$ .

Die Länge der gleichen Abschnitte — Abszissenunterschiede —  $\delta x$  sei abhängig vom Radius. Je kleiner  $r$ , desto kleiner  $\delta x$ .

Für $r$ von	0— 50 m,	nimm $\delta x =$	1,0—2,5 m
" " "	50— 200 "	" " "	= 2,5—5,0 "
" " "	200— 1000 "	" " "	= 5—10 "
" " "	1000— 3000 "	" " "	= 10—20 "
" " "	3000—10000 "	" " "	= 20 m.

Berechne  $y$  nach der Formel  $y_m = r - \sqrt{(r + x_m)(r - x_m)}$ .  
 Für flache Bögen genügt die Näherungsformel

$$y = \frac{x_m^2}{2r}, \text{ genauer } y_m = \frac{x_m^2}{2r} + \frac{y_m^2}{2r}.$$

Ist  $y_m$  nach der ersten Näherungsformel bestimmt, so setze zur genaueren Bestimmung den gefundenen Wert in die zweite Formel ein.

Die Länge des Bogens berechne nach

$$\frac{b}{2r\pi} = \frac{2\varphi^0}{360^0}, \quad b = \frac{r\pi \cdot \varphi^0}{90^0}.$$

**Beispiel:**

gegeben  $\sphericalangle 2\alpha = 106^\circ 14'$ ;  $t = 390,5$  m;  $2\varphi = 73^\circ 46'$

$$r = t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 390,5 \cdot \operatorname{tg} 53^\circ 7' = 390,5 \cdot 1,3327 = 520,42 \text{ m,}$$

$$x_s = r \cdot \cos \alpha = 520,42 \cos 53^\circ 7' = 520,42 \cdot 0,6002 = 312,36 \text{ m,}$$

$$y_s = r (1 - \sin \alpha) = 520,42 \cdot (1 - \sin 53^\circ 7') = 520,42 (1 - 0,7999) = 520,42 \cdot 0,2001 = 104,14 \text{ m.}$$

$$\delta x = 10,0 \text{ m; } x_1 = 10,0; x_2 = 20,0; x_3 = 30,0; x_n = n \cdot 10,0,$$

$$y_m = r - \sqrt{(r + x_m)(r - x_m)}.$$

$$y_1 = 520,42 - \sqrt{\underset{(530,42)}{(520,42 + 10)} \underset{(510,42)}{(520,42 - 10)}} = 520,42 - 520,33 = 0,09,$$



$$y_2 = 520,42 - \sqrt{\frac{(520,42 + 20)(520,42 - 20)}{(540,42)(500,42)}} = 520,42 - 520,05 = 0,38,$$

$$y_3 = 520,42 - \sqrt{(550,42)(490,42)} = 520,42 - 519,57 = 0,86,$$

$$y_{15} = 520,42 - \sqrt{\frac{(520,42 + 15 \cdot 10)(520,42 - 15 \cdot 10)}{(670,42)(470,42)}} = \\ = 520,42 - 498,35 = 22,08.$$

Berechne die Ausdrücke unter dem Wurzelzeichen hintereinander (am besten mit Logarithmen oder Rechenschieber) und ziehe sie der Reihe nach von  $r$  ab.

Berechnung derselben Ordinaten durch Annäherung,

$$y = \frac{x_m^2}{2r} + \frac{y_m^2}{2r},$$

$$y_1 = \frac{10^2}{1040} = 0,09; \quad y_2 = \frac{20^2}{1040} = 0,38; \quad y_3 = \frac{30^2}{1040} = 0,86,$$

$$y_{15} = \frac{150^2}{1040} + \frac{y_{15}^2}{1040} = 21,63 + \frac{22^2}{1040} = 21,63 + 0,46 = 22,09.$$

Bei  $y_{15}$  wurde die genauere Formel angewendet.

Darf Kurvenanfang verschoben werden, so nimm für  $r$  eine runde Zahl an — steht eine Kurvenabsteckungstabelle zur Verfügung, so entnimm dieser den darin enthaltenen nächsten Radius — und berechne nach  $t = \frac{r}{\operatorname{tg} \alpha}$ , um wieviel Kurvenanfang verschoben werden muß.

Beispiel.

Der Radius ist berechnet = 520,42 m,  $t = 390,5$  m. In der Tabelle Seite 29 des Anhanges stehen die Koordinaten für  $r = 520$  m.

$$\text{Berechne } t = \frac{r}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{520}{1,3327} = 390,18.$$

Mithin ist Kurvenanfang um  $390,5 - 390,18 = 0,32$  m nach dem Winkelpunkt zu verschieben.

Die Einsetzung eines abgerundeten Radiuswertes in die Formeln vereinfacht die Rechnung sehr.

Die Bogenlänge ergibt sich nach

$$b = \frac{r \pi \varphi^0}{90^0} = \frac{520 \cdot 3,14 \cdot 2213}{90 \cdot 60} = 669,20 \text{ m,}$$

für  $\sphericalangle \varphi 36^0 53' = 2213'$  und  $r = 520$  m; genauer wenn  $\pi = 3,14159$  angenommen wird.

b) Absteckung mit gleichen Bogenstücken (Abb. 109).

Gegeben  $t$ ,  $\sphericalangle 2\alpha$ ,  $\sphericalangle 2\varphi = 180^0 - 2\alpha$ .

Zentriwinkel, Radius, Bogenlänge und die Koordinaten für den Scheitelpunkt berechne, wie unter a) angegeben.

Darf Kurvenanfang verschoben werden, so runde den Radiuswert ab.

Zur Berechnung der Bogenkleinpunkte nimm entweder eine bestimmte Bogenlänge an und berechne den zugehörigen Zentriwinkel oder nimm einen bestimmten Zentriwinkel an und berechne die zugehörige Bogenlänge, nach dem Satz: „Bei gleichem Radius verhalten sich die Bogen wie die Zentriwinkel“.

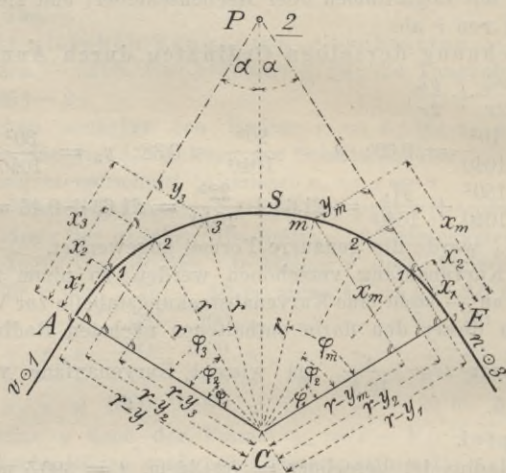


Abb. 109.

Aus dem Zentriwinkel und dem Radius berechne die Koordinaten für die Bogenkleinpunkte:

$$x_m = r \cdot \sin \varphi_m,$$

$$y_m = r (1 - \cos \varphi_m).$$

Die Bogenlänge bzw. die Größe des Zentriwinkels bestimme nach der Länge des Radius. Je kleiner  $r$ , desto kleiner muß auch  $b$  bzw.  $\varphi_m$  angenommen werden.

**Beachte bei der Absteckung von der Tangente aus:**

Die Abmessungen müssen äußerst genau gemacht werden.

Fluchte daher die Ordinatenfußpunkte genau von einem Endpunkte der Tangente aus ein — möglichst mit einem Diopter oder einem aufgehängten Lot — (siehe Abb. 25). Stecke die rechten Winkel genau ab, über 5 m Länge mit einem Instrument. Lege bei der



Ordinatenmessung das Maß genau inmitten des Ordinatenfußpunktes an. Stecke die Hauptbogenpunkte zweimal ab, den Scheitelpunkt von beiden Tangenten aus. Prüfe bei einem Begang des Bogens, ob derselbe gleichmäßig verläuft. Bei der Absteckung mit gleichen Tangentenabschnitten muß die Pfeilhöhe der einzelnen Bogenstücke nach der Mitte hin zunehmen; bei der Absteckung mit gleichen Bogenlängen muß sie gleich sein, auch müssen die der Koordinatenberechnung zugrunde gelegten Bogenlängen bzw. die zugehörigen Sehnen einpassen.

**Merke für die Stationierung der Achse:**

Addiere zur Stationslänge vom Kurvenanfang die **berechnete** Bogenlänge, für Kurvenmitte zur Hälfte, für Kurvenende ganz.

Z. B. Kurvenanfang liege bei km	9 + 240
Der halbe Bogen ist berechnet = $\frac{669,2}{2}$	= 334,6 m
Station für Bogenmitte	= 9 + 574,6 m
Station für Kurvenende	= 9 + 909,2 m

Die Zwischenstationen bestimme durch direkte Messung von den abgesteckten Bogenhauptpunkten aus und verteile einen Fehler proportional der Entfernung vom Bogenhauptpunkt.

Z. B. Bei Kurvenanfang sei mit der Stationierung begonnen bei Kurvenmitte ergab sich statt der gerechneten Länge von 334,6 m 333,6 m. Der Fehler beträgt demnach pro lfd. m  $\frac{334,6 - 333,6}{333,6} = + 0,3 \%$ .

Die erste Zwischenstation liege bei 9 + 300. Daher ist der Stationspfahl um  $\frac{60 \cdot 0,3}{100} = 0,18$  m zurückzusetzen.

Erfolgte die Absteckung mit gleichen Bogenlängen, so bestimme die Zwischenstationen von den abgesteckten Bogenkleinpunkten aus durch direkte Messung. Eine Fehlerverteilung erübrigt sich, was ein Vorzug dieser Absteckungsweise ist.

**c) Abstecken des Bogens von einer Hülftangente aus (Abb. 110).**

Bei sehr langen Ordinaten wird die Absteckung von der Tangente umständlich und ungenau.

Lege daher durch den Scheitelpunkt eine Hülftangente  $P_1 P_2$  und stecke je  $\frac{1}{4}$  des Bogens von den Haupttangente aus ab, die anderen beiden Viertel von der Hülftangente.

Die Absteckung geschieht von der Hülftangente aus, beim Scheitelpunkt  $S$  beginnend, nach rechts und links in derselben

Weise und mit denselben Ordinaten, wie bei der Haupttangente von Kurvenanfang bzw. Kurvenende aus.

Für die Absteckung der Hilfstangente berechne die Entfernung von Kurvenanfang bzw. Kurvenende, wo sie die Haupttangente schneidet.

$$t_1 = r \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \text{der halben Hilfstangente.}$$

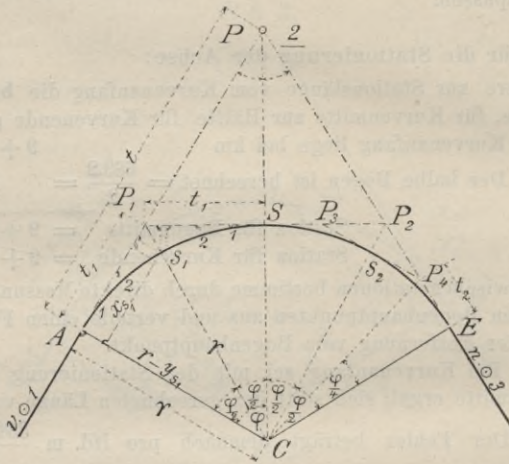


Abb. 110.

Die Koordinaten für die Absteckung des Scheitelpunktes  $S_1$  des halben Bogens, der als ein Bogenhauptpunkt doppelt abzustecken ist, berechne nach:

$$x_{s_1} = r \cdot \sin \frac{\varphi}{2}; \quad y_{s_1} = r \left( 1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right).$$

Sollten die Ordinaten noch zu lang werden, so lege durch  $S_1$  noch eine Hilfstangente, deren Absteckungsunterlagen ähnlich berechnet werden.

**d) Abstecken des Bogens von der Sehne aus (Abb. 111).**

Berechne die Koordinaten für den Scheitelpunkt und für die Bogenkleinpunkte, wie unter a) bzw. b) angegeben.

Miß von der Mitte der Sehne ausgehend nach rechts und links die Abszissen  $x$  ab; setze in der Mitte der Sehne  $y_s$  als Ordinate



ab und dann weiter nach rechts und links, beim ersten Fußpunkt  $y_s - y_1$ , beim zweiten  $y_s - y_2$  beim  $m$ ten Fußpunkt  $y_s - y_m$ .

Werden die Ordinaten zu lang, so mache die Absteckung sinn- gemäß von der Sehne des halben Bogens aus.

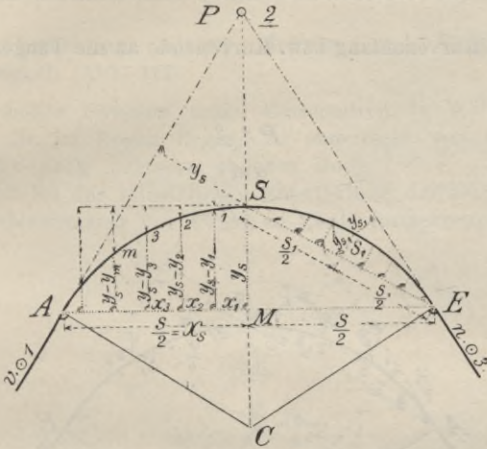


Abb. 111.

## 2. Allmähliche Entwicklung des Bogens durch Winkelmessung.

### a. Mit Sehnentangentenwinkel und Sehnen (Abb. 112).

Grundsatz:

„Der Winkel, den die Sehne mit der Tangente bildet, ist gleich dem Peripheriewinkel im gegenüberliegenden Kreisabschnitt bzw. dem der Sehne zugehörigen halben Zentriwinkel.“

Stecke zunächst die Kurvenhauptpunkte ab, entweder nach der unter A und B dieses Abschnitts angegebenen Weise oder trage in Kurvenanfang und in Kurvenende nacheinander an die Richtung der Tangenten  $\frac{1}{4}$  des ganzen Zentriwinkel  $= \frac{\varphi}{2}$  mit einem Winkelmeß- instrument an und bestimme den Schnittpunkt der Schenkel; er ist der Scheitelpunkt des Bogens (vergl. Seite 34, 43) Winkelmessung).

Berechne den einer angenommenen Sehnenlänge zugehörigen halben Zentriwinkel nach der Formel  $\sin \frac{\varphi_m}{2} = \frac{s_m}{2r}$ , oder nimm einen bestimmten Zentriwinkel an und berechne die zugehörige Sehnenlänge.

Trage den berechneten bzw. angenommenen halben Zentriwinkel  $\frac{\varphi_m}{2}$  und nacheinander folgend ein Vielfaches davon  $\frac{2\varphi_m}{2}$ ,  $\frac{3\varphi_m}{2}$  usw. in Kurvenanfang bzw. Kurvenende an die Tangente an und

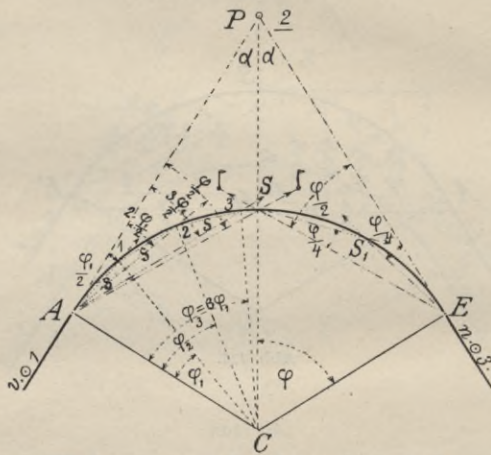


Abb. 112.

miß gleichzeitig mit einem Stahlband die zugehörige Sehnenlänge ab, wobei jeder neu bestimmte Punkt der Ausgangspunkt für die Absteckung der folgenden gleichen Sehnenlänge ist.

Ist die Kurve bis zu den Hauptpunkten z. B. dem Scheitelpunkt entwickelt, und ergibt sich ein anderer Punkt als bei der direkten Absteckung, was bei der ungünstigen Fehlerfortpflanzung wahrscheinlich ist, so verteile den Fehler gleichmäßig auf alle Punkte, sofern nicht ungleiche Winkel bzw. Bogenlängen eine deren Größe angepaßte Verteilung erfordern, und verschiebe die Pfähle entsprechend.

Zur Einschränkung einer Fehlerfortpflanzung empfiehlt es sich, auch noch die Mitte des halben Bogens direkt abzustecken, wobei



dann einmal in  $A$  bzw. in  $E$ , das andere Mal in  $S$ , an die Sehne  $AS$  und  $SA$  bzw.  $ES$  und  $SE$ , der Winkel  $\frac{\varphi}{4}$  angelegt wird.

Die Schnittpunkte der Schenkel entsprechen den Scheitelpunkten der halben Bögen.

Die Scheitelpunkte  $S, S_1$  und  $S_2$  können auch zur Absteckung der Sehmentangentenwinkel gewählt werden.

**b. Absteckung mittels Sehnen und Brechungswinkel (Sehnenwinkel) (Abb. 113).**

Bei hohen Dämmen, tiefen Einschnitten, in Wäldern und bei Tunnels, die im Bogen liegen, ist eine Sicht von einem Bogenhauptpunkt nach mehreren anderen Bogenpunkten nicht möglich. Daher muß bei der allmählichen Entwicklung des Bogens auch das Winkelmeßinstrument von Punkt zu Punkt fortschreitend umgestellt werden.



Abb. 113.

Bei Tunnelabsteckung empfiehlt sich ein Instrument mit Steckhülse einrichtung, sowie zweier weiterer Dreifüße und zweier Signale nebst Glasskala zum Distanzmessen (Abb. 114, 115 und 116).

Werden die Sehnen gleich lang — je länger desto besser — genommen, was sehr zu empfehlen ist, so sind die Brechungswinkel, Die Führung des Feldbuches.

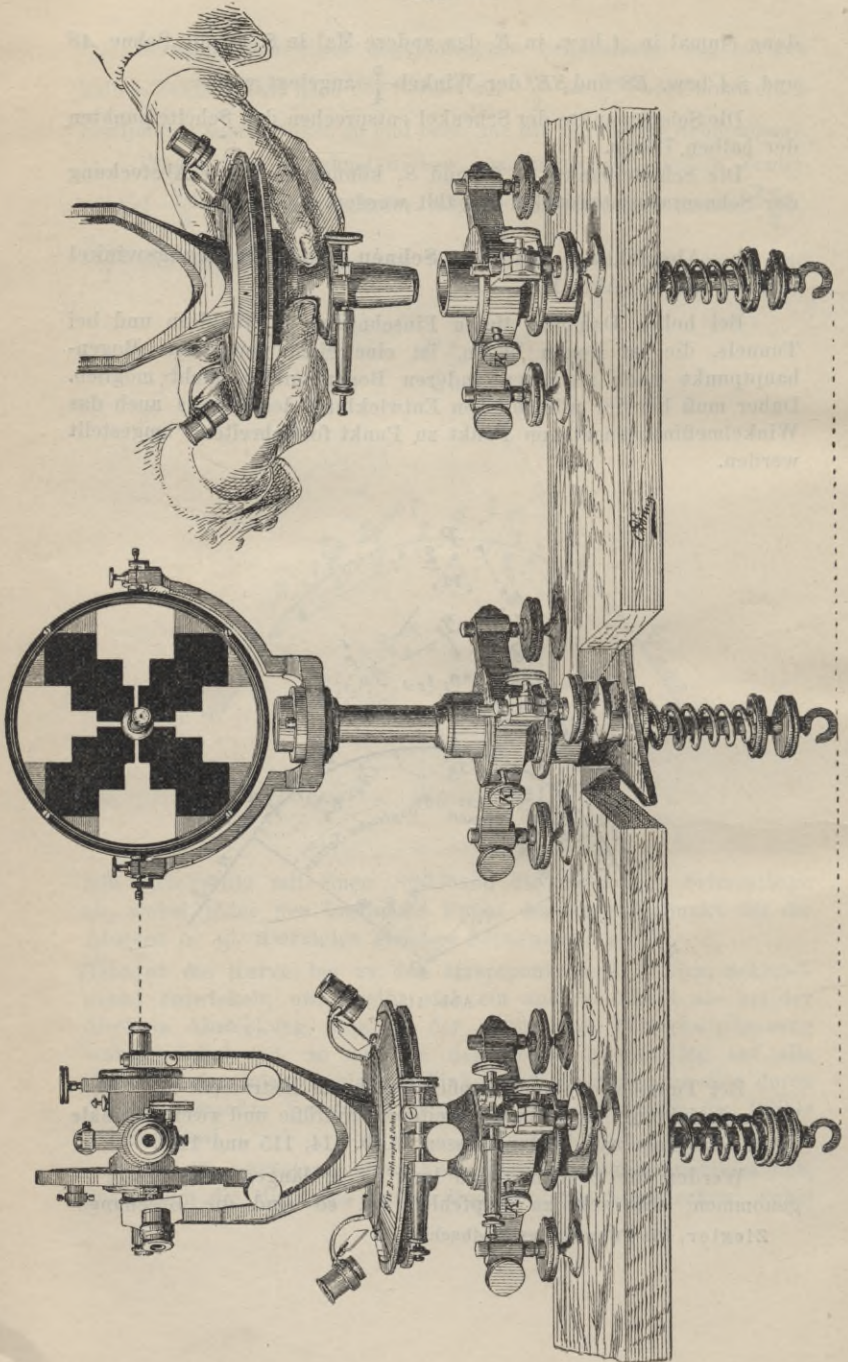


Abb. 114.



winkel auch gleich groß und daher nur einmal zu berechnen. Eine Fehlerverteilung ist einfacher als bei ungleichen Sehnen.

Bei gleichen Sehnenlängen  $s_m$  ergibt sich der Brechungswinkel  $\beta_m$  aus dem der Sehne zugehörigen Zentriwinkel  $\varphi_m$ .

$$\beta_m = 180^\circ - \varphi_m.$$



Abb. 115 a.

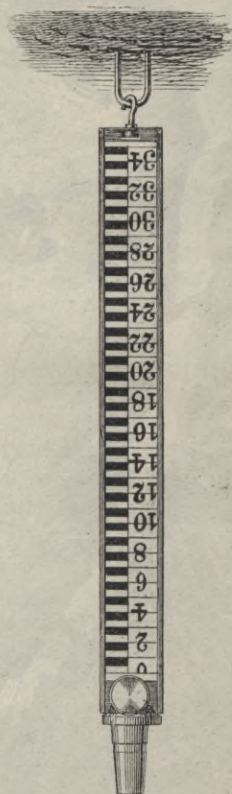


Abb. 115 b.

Bei ungleichen Sehnenlängen  $s_1, s_2, s_3 \dots$  und den zugehörigen Zentriwinkel  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3 \dots$  ergibt sich für den ersten Punkt ein



Abb. 116.



Brechungswinkel  $\beta_1 = 180^\circ - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$  und für den zweiten Punkt  $\beta_2 = 180^\circ - \frac{\varphi_2 + \varphi_3}{2}$  usw.

Zur Absteckung stelle über  $A$  bzw.  $E$  einen Theodolit genau zentrisch auf. Richte die Zielachse in die Tangentenrichtung, lies an beiden Nonien ab und mittele die Ablesungen. Trage an diese Richtung den halben Zentriwinkel an — als Mittel aus beiden Noniusablesungen — und miß auf dem abgesteckten Schenkel die Sehnenlänge genau ab. Schlage das Fernrohr durch und wiederhole die ganze Absteckung. Ergibt sich dabei ein zweiter Punkt, so mittele beide Ergebnisse. Stelle nun das Instrument über den so erhaltenen Punkt genau zentrisch, richte die Zielachse auf den vorigen Punkt, mittele beide Noniusablesungen und lege an diese Richtung den berechneten Brechungswinkel an. Miß die folgende Sehne auf dem abgesteckten Schenkel ab. Wiederhole die Messung in der zweiten Fernrohrlage.

Ist der Bogen fortschreitend bis Kurvenende abgesteckt, so ergibt sich infolge der ungünstigen Fehlerfortpflanzung zum Schluß wahrscheinlich eine Abweichung sowohl in der Längsrichtung als auch in der Querrichtung.

Den Fehler in der Längsrichtung ermittle durch Vergleich der letzten Sehne mit ihrer Solllänge und verteile den Fehler proportional der Entfernung vom Anfangspunkte **tangential** auf die einzelnen Punkte.

Den Querfehler bestimme durch Vergleich des letzten Brechungswinkels mit seinem Sollwert. Berechne die lineare Ausdehnung aus dem Winkelunterschied  $\pm \delta''$  und der letzten Sehne  $s_n$  nach  $f_q = \frac{\delta''}{\rho} \cdot s_n$  ( $\rho = 206265$ ) und verteile den Fehler proportional der Entfernung von  $A$  auf die einzelnen Punkte **radial**.\*)

Würde der Bogen von beiden Enden aus nach der Mitte hin abgesteckt, so zeigt sich der Schlußfehler da, wo die abgesteckten Bögen sich begegnen. Teile an der Begegnungsstelle die Verbindungslinie beider Endpunkte im Verhältnis der Entfernung beider Punkte von den Anfangspunkten, vorausgesetzt, daß kein grober Messungsfehler vorliegt. Der Teilungspunkt ist der endgültige Bogenpunkt.

Die Fehlerverteilung auf die übrigen Punkte bzw. ihre Verschiebung erfolgt auf beiden Bogenzweigen, nachdem die lineare

\*)  $\frac{f_q}{2 s_n \pi} = \frac{\delta''}{360 \cdot 60 \cdot 60''}$ ;  $f_q = \frac{2 \cdot s_n \pi \cdot \delta''}{360 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{\delta''}{206265} s_n$

Ausdehnung der Längs- und Querverfehlung, wie oben angegeben, ermittelt ist, tangential bzw. radial.

C) **Winkelpunkt unzugänglich** (Abb. 117).

Indirekte Bestimmung des Schnittwinkels.

Es sei der Mittelpunkt  $P$  unzugänglich, auch sei es unmöglich, eine gerade Linie von der einen Strecke zur anderen zu legen; die Verbindung mußte durch einen Winkelzug  $W_1 W_2 W_3$  hergestellt werden.



Abb. 117.

Nach zweimaliger Messung der Brechungswinkel  $W_1, W_2$  und  $W_3$  sowie der Strecken  $AW_1, l_{1-2}$  und  $l_{2-3}$ , berechne zunächst  $\sphericalangle 2\alpha$

$$2\alpha = 720^\circ - (W_1 + W_2 + W_3),$$

allgemein  $2\alpha = (n+1) \cdot 180^\circ - (W_1 + W_2 + \dots + W_n).$

Entwickle alsdann aus den Brechungswinkeln die Neigungswinkel der Strecken  $l_{1-2}$  und  $l_{2-3}$  zur Geraden  $\odot 1 - \odot 2$ .

Neigungswinkel der Strecke  $l_{1 \rightarrow 2} = n_1 = W_1 - 180^\circ,$

" " "  $l_{2 \rightarrow 3} = n_2 = (W_2 + n_1) - 180^\circ,$

allgemein " " "  $l_{(n-1) \rightarrow n} = n_n = (W_n + n_{n-1} - 180^\circ)$

und weiter die Koordinaten der Punkte  $W_2, W_3 \dots W_n$  und  $P$  bezogen auf die Gerade  $\odot 1 - \odot 2$ .

$$\xi_2 = l_{1-2} \cdot \cos n_1; \quad \eta_2 = l_{1-2} \cdot \sin n_1; \quad \xi_3 = \xi_2 + l_{2-3} \cdot \cos n_2;$$

$$\eta_3 = \eta_2 + l_{2-3} \cdot \sin n_2,$$



allgemein  $\xi_n = \xi_{n-1} + l_{(n-1) \rightarrow n} \cdot \cos n_n$ ;  $\eta_n = \eta_{n-1} + l_{(n-1) \rightarrow n} \cdot \sin n_n$ ,  
 $\xi_p = \xi_n + \eta_n \cdot \operatorname{tg} 2\alpha$ ;  $\eta_p = 0$ ;  $t = AW_1 + \xi_p$ ;  $PW_n = \frac{\eta_n}{\sin 2\alpha}$   
 $W_n E = t - PW_n$ .

#### D) Korbboegen.

Bei dem unter A und B beschriebenen Verfahren wurde überall angenommen, daß die Lage des Bogens zu den Geraden durch Kurvenanfang bzw. den Krümmungshalbmesser bedingt sei, daneben kommt es aber häufig vor, daß der Bogen einen oder mehrere zwischen den Geraden belegene Punkte durchschneiden soll. Manchmal läßt sich auch dabei die Überleitung durch eine einfache Kreis-  
 kurve ermöglichen, häufiger wird es aber notwendig bzw. erwünscht sein, die Verbindung durch einen Korbboegen herzustellen.

So mannigfaltig die dadurch gestellten Aufgaben sind, so verschieden sind auch die Lösungen zur Ermittlung der Absteckungs-  
 unterlagen. Schließlich wird aber die Absteckung der Bogenkleinpunkte auf eine der unter A und B aufgeführten Weisen bewirkt.

Miß die Punkte, welche geschnitten werden sollen, genau von den Geraden auf, entweder nach der Koordinatenmethode oder mit Hilfe eines eingelegten Winkelzuges. Trage die Messung in einem möglichst großen Maßstabsverhältnis auf und konstruiere dann planimetrisch den Bogen, die Tangenten und die gemeinschaftlichen Tangenten. Bestimme nach der Zeichnung mit Zirkel und Maßstab die Lage der Tangentschnittpunkte zu den Geraden und übertrage sie ins Feld, unter richtiger Verteilung aller in dem ungenauen Verfahren liegenden Fehler, oder berechne die Absteckungsunterlagen trigonometrisch, (was zuverlässiger ist), und übertrage sie ins Feld.

Einige Beispiele mögen hier als Anleitung dienen.

1. Gegeben: Der Schnittwinkel  $2\alpha$ ; die Lage des Punktes  $D$  zur Strecke  $P$  (2—3) durch seine Koordinaten  $PF = \xi a$  und  $FD = \eta a$  (Abb. 118).

Gesucht zunächst  $t$  und  $r$ .

#### Planimetrische Lösung.

Zeichne den  $\sphericalangle 2\alpha$ , halbiere ihn, trage Punkt  $D$  von der Strecke 2—3 aus auf, fälle von  $D$  eine Senkrechte auf die Halbierungs-  
 linie, verlängere sie, nach innen um sich selbst  $= DD_1$ , nach außen bis zum Schnitt mit der Geraden  $= DD_2$ . Suche die mittlere Proportionale zwischen  $D_2 D$  und  $D_2 D_1$ . — (Beschreibe über  $D_2 D_1$

einen Halbkreis, errichte in  $D$  eine Senkrechte  $DG$ , dann ist  $D_2G$  die mittlere Proportionale.) — Beschreibe mit derselben einen Bogen um  $D_2$  der die Gerade in  $E$  schneidet. Errichte in  $E$  die Senkrechte  $EC$ .

$$PE = t; EC = r.$$

**Trigonometrische Lösung.**

$$DD_2 = \frac{\eta}{\cos \alpha}; FD_2 = \eta \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$F_1D = F_1F - \eta = \xi \cdot \operatorname{tg} \alpha - \eta = \xi \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \eta$$

$$HD = F_1D \cdot \cos \alpha = \left( \xi \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} - \eta \right) \cdot \cos \alpha = \xi \cdot \sin \alpha - \eta \cdot \cos \alpha;$$

$$D_1D = 2(\xi \cdot \sin \alpha - \eta \cdot \cos \alpha); D_2D_1 = 2(\xi \cdot \sin \alpha - \eta \cdot \cos \alpha) + \frac{\eta}{\cos \alpha}$$

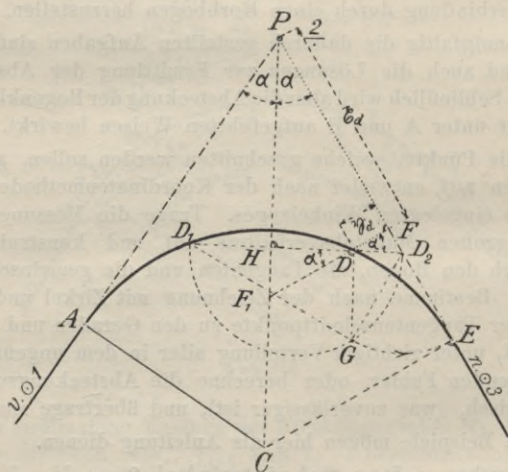


Abb. 118.

$$D_2G = D_2E = \sqrt{D_2D_1 \cdot D_2D} =$$

$$= \sqrt{\left[ 2(\xi \cdot \sin \alpha - \eta \cdot \cos \alpha) + \frac{\eta}{\cos \alpha} \right] \cdot \frac{\eta}{\cos \alpha}} =$$

$$= \sqrt{2 \cdot \xi \cdot \eta \cdot \operatorname{tg} \alpha - 2\eta^2 + \frac{\eta^2}{\cos^2 \alpha}} = \sqrt{2\eta \left( \xi \operatorname{tg} \alpha + \frac{\eta}{1 + \cos 2\alpha} - \eta \right)}$$

oder

$$= \sqrt{2\xi\eta \operatorname{tg} \alpha - 2\eta^2 + \frac{\eta^2}{\cos^2 \alpha}} = \frac{1}{\cos \alpha} \sqrt{\eta(\xi \cdot \sin 2\alpha - \eta \cdot \cos 2\alpha)}.$$

$$t = \xi + FD_2 + D_2E = \xi + \eta \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sqrt{2\eta \left( \xi \operatorname{tg} \alpha + \frac{\eta}{1 + \cos 2\alpha} - \eta \right)}.$$



Beispiel.

$$2\alpha = 90^0; r = 100,0 \text{ m}; y = 8,58 \text{ m}$$

$$t = 100,0 + 8,58 \operatorname{tg} 45^0 + \sqrt{17,16 \cdot (100 \cdot \operatorname{tg} 45^0 + \frac{8,58}{1 + \cos 90^0}) \cdot 8,58} = 150,0$$

$$r = t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 150 \cdot \operatorname{tg} 45^0 = 150,0 \text{ m.}$$

2. Gegeben: (Abb. 119)  $\sphericalangle 2\alpha$ , Kurvenanfang, die Lage des Punktes  $D$  zu der Geraden 1—2 durch die Koordinaten  $x_d$  und  $y_d$ .

Die Überleitung durch eine einfache Kreiskurve, die den gestellten Bedingungen genügt, ist nur möglich, wenn der Schnittpunkt der Halbierungslinie des  $\sphericalangle 2\alpha$  und der im Punkte  $A$  errichteten Senkrechten gleichen Abstand von  $A$  und von  $D$  hat, bzw. wenn

$$t \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{x^2 + y^2}{2y}; \text{ was wohl selten der Fall ist.}$$

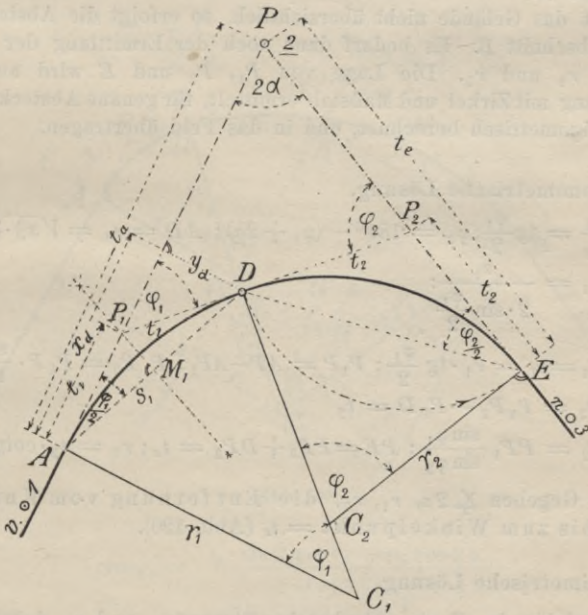


Abb. 119.

Daher muß die Überleitung vielfach, namentlich im bergigen Gelände, durch Korbbojen oder einen ansteigenden Bogen geschehen, der sich aus 2 bis  $n$  ineinander übergehende Kreisbögen (mit ab- oder zunehmenden Halbmessern) zusammensetzt.

Hat ein  $n$  facher Korbbogen die Halbmesser  $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ , die zugehörigen Mittelpunktswinkel  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_n$ , und die Tangentenlängen  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ , so ist  $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_n = 180^\circ - 2\alpha$  und  $t_m = r_m \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi_m}{2}$ .

### Planimetrische Lösung (Abb. 119).

Verbinde  $A$  mit  $D$ , halbiere sie in  $M_1$ , errichte in  $M_1$  eine Senkrechte, schneidet die  $AP$  in  $P_1$ , verbinde  $P_1$  mit  $D$ , verlängere sie über  $D$  hinaus, bis sie die Gerade  $P_2-3$  in  $P_2$  schneidet. Miß  $P_2D$  und trage sie, von  $P_2$  aus nach  $\odot 3$  hin, ab  $= P_2E$ . Dann ist  $E$  Kurvenende. Bei übersichtlichem Gelände kann die Absteckung im Felde in derselben Weise gemacht werden. Bestecke  $AP_1DP_2$  und  $E$  mit Fluchtstäben, miß auch zur Prüfung  $AP_1 = P_1D$  und verfare weiter nach Abschnitt  $A$ .

Ist das Gelände nicht übersichtlich, so erfolgt die Absteckung nach Abschnitt  $B$ . Es bedarf dann noch der Ermittlung der Halbmesser  $r_1$  und  $r_2$ . Die Lage von  $P_1, P_2$  und  $E$  wird aus der Zeichnung mit Zirkel und Maßstab ermittelt, für genaue Absteckungen aber trigonometrisch berechnet, und in das Feld übertragen.

### Trigonometrische Lösung.

$$\frac{y_d}{x_d} = \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2}; \varphi_2 = 180^\circ - (\varphi_1 + 2\alpha); AD = s_1 = \sqrt{x_d^2 + y_d^2};$$

$$r_1 = \frac{s_1}{2 \cdot \sin \frac{\varphi_1}{2}};$$

$$AP_1 = t_1 = r_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2}; P_1P = AP - AP_1; P_1P_2 = P_1P \cdot \frac{\sin 2\alpha}{\sin \varphi_1};$$

$$DP_2 = P_1P_2 - P_1D = t_2$$

$$PP_2 = PP_1 \frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2}; PE = PP_2 + DP_2 = t_e; r_2 = t_2 \cdot \operatorname{cotg} \frac{\varphi_2}{2}.$$

3. Gegeben  $\sum 2\alpha, r_1, r_2$ , die Entfernung vom Kurvenende bis zum Winkelpunkt  $= t_e$  (Abb. 120).

### Planimetrische Lösung.

Errichte in  $E$  eine Senkrechte, trage  $r_1$  und  $r_2$  darauf ab. Ziehe zur Strecke  $\odot 1 - \odot 2$ , im Abstand von  $r_1$ , eine Parallele. Beschreibe um  $C_2$  mit  $r_2 - r_1$  einen Kreis, der die Parallele in  $C_1$  schneidet. Verbinde  $C_2$  mit  $C_1$  und verlängere sie. Beschreibe um  $C_1$  mit  $r_1$ , um  $C_2$  mit  $r_2$  Kreisbogen, die sich gegenseitig im Punkte  $D$  und die Geraden in  $A$  bzw.  $E$  berühren.



**Trigonometrische Lösung.**

Berechne  $\frac{\sphericalangle}{2} \varphi_1$  und  $\varphi_2$ , alsdann  $t_1$  und  $t_2$  und  $t_a$ .

Projiziere die bekannten Punkte  $E$ ,  $C_1$  und  $C_2$  auf die Strecke  $\odot 1 - \odot 2$  und die Punkte  $C_1$  und  $C_2$  außerdem auf die Projizierende  $EL$ , dann ist:  $EL = t_e \cdot \sin 2\alpha = LK + KJ + JE$ .  
 $LK = AC_1 = r_1$ ;  $KJ = C_1H = (r_2 - r_1) \cos \varphi_1$ ;  $JE = r_2 \cos 2\alpha$ .

Daher  $t_e \cdot \sin 2\alpha = r_1 + (r_2 - r_1) \cos \varphi_1 + r_2 \cos 2\alpha$ .

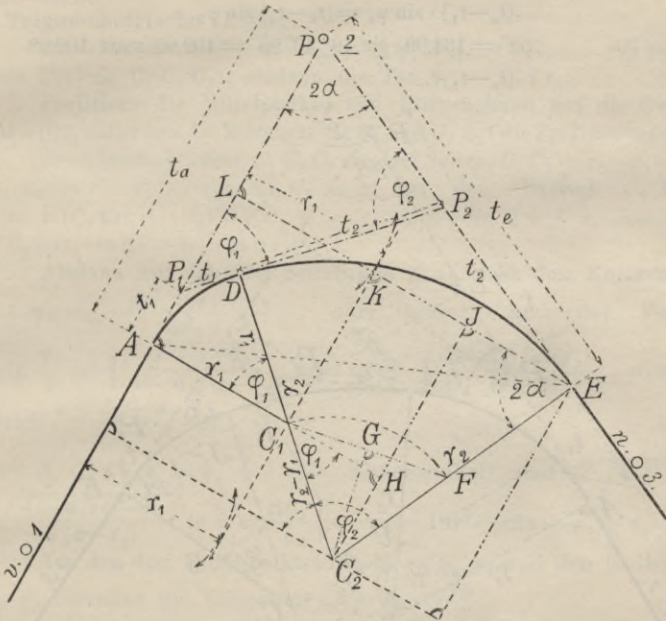


Abb. 120.

$$\cos \varphi_1 = \frac{t_e \cdot \sin 2\alpha - r_1 - r_2 \cos 2\alpha}{r_2 - r_1} \quad (1)$$

$$\varphi_2 = 180^\circ - (2\alpha - \varphi_1) \quad (2)$$

$$PA = PL + LA = t_e \cdot \cos 2\alpha + JH; \quad JH = JC_2 - HC_2;$$

$$JC_2 = r_2 \cdot \sin 2\alpha; \quad HC_2 = (r_2 - r_1) \sin \varphi_1.$$

$$t_a = t_e \cos 2\alpha + r_2 \sin 2\alpha - (r_2 - r_1) \sin \varphi_1 \quad (3)$$

$$t_1 = r_1 \operatorname{tg} \frac{\varphi_1}{2}; \quad t_2 = r_2 \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} \quad (4)$$

Beispiel:

$$2\alpha = 93^{\circ} 6' 10''; r_1 = 250 \text{ m}; r_2 = 300 \text{ m}; t_e = 274,00 \text{ m.}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{273,60 - 250 + 16,24}{50} = 0,7968; \varphi_1 = 37^{\circ} 10' 30'' \quad (1)$$

$$\varphi_2 = 180^{\circ} - (93^{\circ} 6' 10'' + 37^{\circ} 10' 30'') = 49^{\circ} 43' 20'' \quad (2)$$

$$t_a = 274,00 \cdot \cos 93^{\circ} 6' 10'' + 300 \cdot \sin 93^{\circ} 6' 10'' - 50 \cdot \sin \varphi_1 = 254,52 \text{ m} \quad (3)$$

$$t_1 = 250 \cdot \operatorname{tg} 18^{\circ} 35' 15'' = 84,07 \text{ m}; t_2 = 300 \operatorname{tg} 24^{\circ} 51' 40'' = 139,01 \text{ m.} \quad (4)$$

Die Probe auf richtige Rechnung mache nach dem Sinussatz:

$$(t_a - t_1) \cdot \sin \varphi_1 = (t_e - t_2) \sin \varphi_2.$$

$$170,45 \cdot \sin 37^{\circ} 10' 30'' = 134,99 \cdot \sin 49^{\circ} 43' 20'' = 102,99 \text{ statt } 102,98.$$

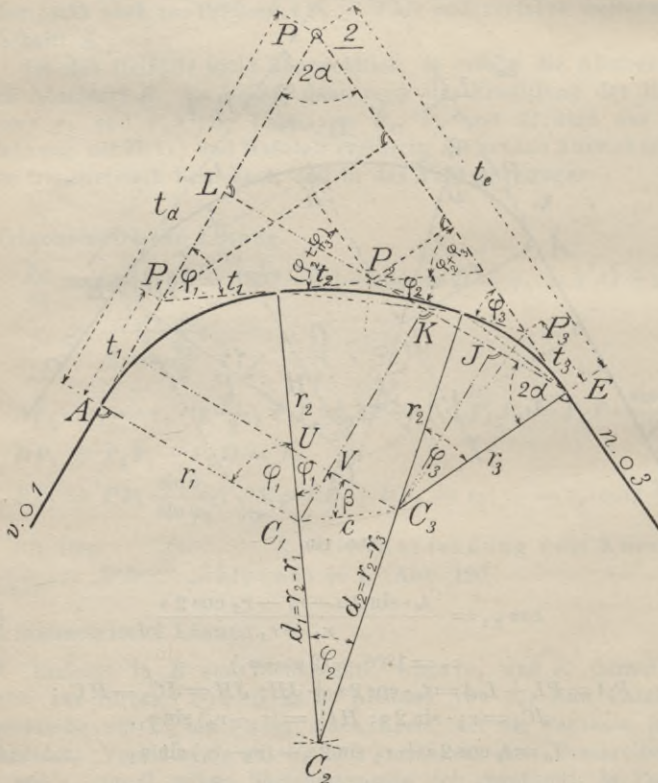


Abb. 121.



4. Gegeben seien, von einem dreifachen Korbbogen, die drei Halbmesser  $r_1, r_2, r_3$ , der Schnittwinkel der Geraden  $= 2\alpha$ , Kurvenanfang und Kurvenende, bzw. ihre Entfernung vom Winkelpunkt (Abb. 121).

**Planimetrische Lösung.**

Bestimme von  $A$  und  $E$  aus, rechtwinklig zu den Haupttangente, mit den gegebenen Halbmessern  $r_1$  und  $r_3$ , die Mittelpunkte  $C_1$  und  $C_3$ . Verbinde  $C_1$  mit  $C_3$  und beschreibe um  $C_1$ , mit  $r_2 - r_1$ , um  $C_3$ , mit  $r_2 - r_3$ , Kreisbogen, die sich in  $C_2$ , dem dritten Mittelpunkt, schneiden.

**Trigonometrische Lösung.**

Berechne der Reihe nach  $\sphericalangle \varphi_2, \sphericalangle \varphi_1, \sphericalangle \varphi_3$ . ( $\sphericalangle \varphi_2$  und  $\sphericalangle \varphi_1$  aus dem Dreieck  $C_1 C_2 C_3$ ); alsdann die Tangenten  $t_1, t_2, t_3$ .

Projiziere die Mittelpunkte und Kurvenenden auf die Gerade  $\odot 1 - \odot 2$ , außerdem die Mittelpunkte  $C_1$  und  $C_3$  auf die Projizierende  $EL$ .

Berechne im Dreieck  $C_1 C_2 C_3$  die drei Seiten,  $C_1 C_2 = r_2 - r_1 = d_1$ ;  $C_2 C_3 = r_2 - r_3 = d_2$ ;  $C_1 C_3 = c$  aus dem Dreieck  $C_1 V C_3$ ;  $c = \sqrt{(C_1 V)^2 + (C_3 V)^2}$ ;  $C_1 V = t_a - (r_3 \sin 2\alpha + t_e \cos 2\alpha)$ ;  $V C_3 = t_e \sin 2\alpha - (r_3 \cos 2\alpha + r_1)$ .

Als dann aus den drei Seiten den  $\sphericalangle \varphi_2$ , nach dem Kosinussatz,  $\cos \varphi_2 = \frac{d_1^2 + d_2^2 - c^2}{2 d_1 d_2}$ , oder besser, nach der Formel  $\cotg \frac{\varphi_2}{2} = \sqrt{\frac{s(s-c)}{(s-d_1)(s-d_2)}}$  oder  $\tg \frac{\varphi_2}{2} = \sqrt{\frac{(s-d_1)(s-d_2)}{s(s-c)}}$ , worin  $s$  gleich  $\frac{c + d_1 + d_2}{2}$  ist.

$\sphericalangle C_2 C_1 C_3 = \varphi_1 + \beta$  (als Außenwinkel) und  $\tg \frac{\varphi_1 + \beta}{2} = \sqrt{\frac{(s-d_1)(s-c)}{s(s-d_2)}}$ ;  $\tg \beta = \frac{C_1 V}{C_3 V}$ ;  $\varphi_3 = 180^\circ - (2\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)$ ;

Aus den drei Mittelpunkts winkeln  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  und den Radien  $r_1, r_2, r_3$  berechne die Tangenten  $t_m = r_m \cdot \tg \frac{\varphi_m}{2}$ .

Zur Prüfung der Rechnung projiziere die Tangentenschnittpunkte  $P_1 P_2 P_{n-1}$  einmal auf die Strecke  $\odot 1 - \odot 2$ , das andere Mal auf die Strecke  $\odot 2 - \odot 3$  und bilde die Gleichungen:

$$(t_a - t_1) \sin 2\alpha = (t_1 + t_2) \sin (\varphi_2 + \varphi_3) + (t_2 + t_3) \sin \varphi_3$$

$$(t_e - t_3) \sin 2\alpha = (t_1 + t_2) \sin \varphi_1 + (t_2 + t_3) \sin (\varphi_1 + \varphi_2).$$

Jetzt sind alle Stücke zur Absteckung der Tangentenschnittpunkte bestimmt. Die Absteckung der Bogenpunkte erfolgt nach Abschnitt A oder B. Zur Prüfung der Absteckung stelle die gemessenen Winkel im Vierecke  $P_1 P P_3 P_2$  zusammen.

$$\varphi_1 + 2\alpha + \varphi_3 + (180^\circ + \varphi_2) = 360^\circ.$$

E) Übergangsbogen (Abb. 122).

Erreicht der Krümmungshalbmesser ein gewisses Mindestmaß, so wird beim Eisenbahnbau der Übergang aus der Geraden in eine Krümmung mit dem Halbmesser  $r$  ein Übergangsbogen eingelegt, dessen Krümmung an der Geraden mit 0 beginnt und, allmählich stärker werdend, beim Zusammentreffen mit dem reinen Kreisbogen diesem gleich wird.

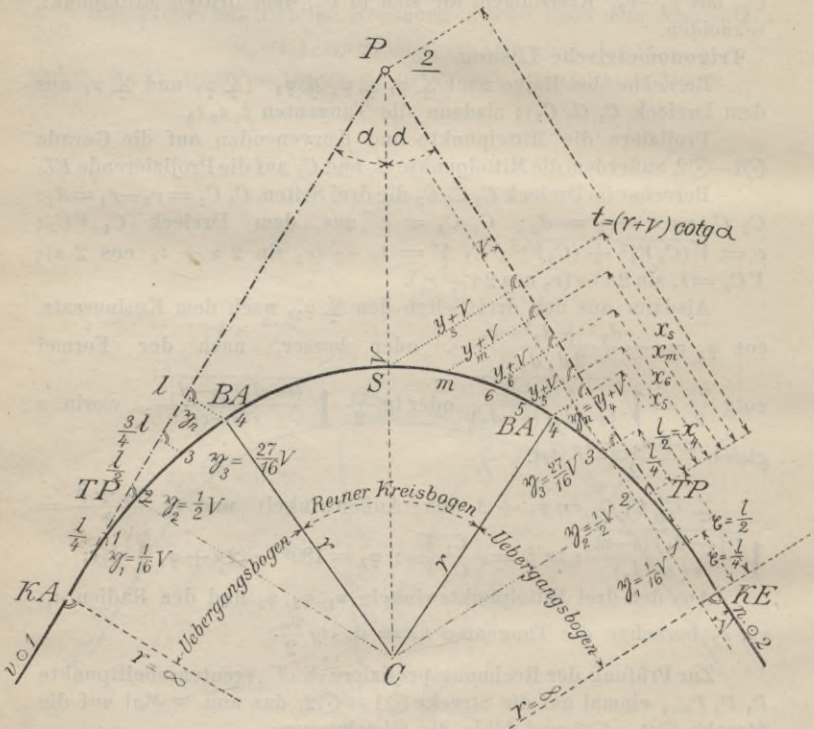


Abb. 122.

Der Übergangsbogen vermittelt auch die in einem geradlinigen Verhältnis  $1:n$  ansteigende Überhöhung, welche am Ende desselben bzw. beim Anfang des reinen Kreisbogens ihren vollen Wert erhält. Ihr muß die Krümmung des Übergangsbogens in jedem Punkte angepaßt werden.



Die Überhöhung richtet sich nach der sekundlichen Fahr-  
geschwindigkeit  $v$ , der Spurweite  $w$  und dem Krümmungshalbmesser.  
Sie wird berechnet nach der Formel

$$h = \frac{v^2 \cdot w}{r \cdot g}$$

(worin  $g = \gamma$  die Beschleunigung der Schwere<sup>4</sup> 9,81 ist.

Bei den Preussischen Staatsbahnen und in den Reichslanden wird,  
für Hauptbahnen und vollspurige Nebenbahnen,

$$h = \frac{500 \cdot v}{r}$$

genommen, und die erhaltenen, Werte werden auf 5 mm abgerundet,  
dabei ist das Ansteigungsverhältnis der Überhöhungsrampe = 1 : 300.

Für Schmalspurbahnen nimmt man  $h = 6,2 \frac{v^2}{r}$  bzw. 1 :  $n = 1 : 200$ .\*)

Ist das Ansteigungsverhältnis allgemein 1 :  $n$ , so ist in irgend einem  
Punkte  $x$  des Übergangsbogens, dessen Entfernung von Kurvenanfang =  
 $l_x$  ist,

$$h_x = \frac{1}{n} \cdot l_x = \frac{v^2 w}{r_x \cdot g}$$

daher

$$r_x = \frac{v^2 \cdot w \cdot n}{g} \cdot \frac{1}{l_x}$$

Fahrgeschwindigkeit, Spurweite und Ansteigungsverhältnis sowie  
die Beschleunigung ( $g$ ) stehen fest, weshalb dafür eine den Verhält-  
nissen angepaßte bestimmte Größe  $c$  in die Formel eingesetzt werden  
kann und

$$r_x = c \cdot \frac{1}{l_x}$$

Die Konstante  $c$  wird bei Vollbahnen mit dem Wert 12000 bis  
15 000; bei Nebenbahnen mit 6000 bis 8000 in Rechnung gestellt.

Wird  $h_x = h$  mithin  $r_x = r$ , was beim Übergang in den reinen  
Kreisbogen der Fall ist, so hat der Übergangsbogen seine volle Länge

$$r = \frac{c}{l}, \quad l = \frac{c}{r} \quad \text{und} \quad c = l \cdot r.$$

Die Absteckung des Übergangsbogens, (einer kubischen Parabel)  
bei der für gewöhnlich die eine Hälfte des Bogens diesseits, die  
andere Hälfte jenseits des Tangentenpunkts angeordnet wird, ge-  
schieht nach

$$\eta_n = \frac{x_n^3}{6c} \quad (x \text{ Abszisse, } \eta \text{ Ordinate}).$$

Um den Übergangsbogen einlegen zu können, muß die Achse  
im Kreisbogen radial nach der Innenseite verschoben werden.

Die Verschiebung  $V = \frac{1}{4} \eta_n = \frac{x_n^3}{24c}$  oder da  $l$  und  $x_n$  bei dem  
flachen Bogen annähernd gleich gesetzt werden können, so ist  $\eta_n = \frac{l^3}{6c}$

\*)  $v$  ist in diesen beiden Formeln die grösste zulässige Fahrgeschwindigkeit  
in km/Std.

und 
$$V = \frac{l^3}{24c} = \frac{l^3}{24 \cdot l \cdot r} = \frac{l^2}{24r}.$$

Die Ordinaten für die Absteckung der Zwischenpunkte  $m_1, m_2 \dots$  berechne nach

$$\eta_m = \eta_n \left( \frac{x_m}{l} \right)^3$$

$$\text{für } x_1 = \frac{l}{4} \text{ ist } \eta_1 = \eta_n \cdot \left( \frac{l}{4} \right)^3 = \frac{1}{64} \cdot \eta_n = \frac{1}{16} V.$$

$$\text{für } x_2 = \frac{l}{2} \text{ ist } \eta_2 = \eta_n \cdot \left( \frac{l}{2} \right)^3 = \frac{1}{8} \cdot \eta_n = \frac{1}{2} V.$$

$$\text{für } x_3 = \frac{3}{4} l \text{ ist } \eta_3 = \eta_n \cdot \left( \frac{3l}{4} \right)^3 = \frac{27}{64} \cdot \eta_n = \frac{27}{16} V.$$

Bei Krümmungen mit 300 m Radius sind die Übergangsbögen schon bei der Herstellung der Bahnkörper zu berücksichtigen.

Berechne zunächst aus dem geg.  $r$  und der Konstanten  $c$  die Länge  $l$  des Übergangsbogens, die Verschiebung  $V$  und die Ordinaten  $\eta_1, \eta_2, \eta_3 \dots$ . Bestimme zur Absteckung des Kreisbogens mit dem Halbmesser  $r$  den Tangentenpunkt für einen Kreisbogen mit dem Halbmesser  $r + V$ , nach  $t = (r + V) \cotg \alpha$ , und setze  $t$  von  $P$  aus auf der Geraden ab.

Setze vom Tangentenpunkt  $TP$ , diesseits und jenseits desselben,  $\frac{l}{2}$  als Abszisse ab, halbiere sie und setze in den erhaltenen Punkten die zugehörigen  $\eta$  als Ordinaten ab; so ist der Übergangsbogen genügend bestimmt.

Die Absteckung des reinen Kreisbogens geschieht nun in bekannter Weise vom Tangentenpunkt aus, entweder von einer zur Haupttangente im Abstände  $V$  gelegten Parallelen oder, nachdem man die für den Halbmesser  $r$  berechneten Ordinaten um die Verschiebung  $V$  vergrößert hat, von der Tangente aus. Dann hat der reine Kreisbogen den Halbmesser  $r$ .

Wenn bei alten Bahnstrecken weder eine ausschließliche Verschiebung der Geraden noch diejenige der Krümmung möglich ist, so muß möglichst  $\frac{1}{3}$  des Übergangsbogens auf die Gerade und  $\frac{2}{3}$  auf den Kreisbogen verteilt werden.

Der Halbmesser  $r$  des Kreisbogens darf dabei nicht kleiner als 400 m sein. Ist  $c = 13\,500$ , so ist in solchem Falle

$$l = \frac{c}{\frac{3}{2}r} = \frac{13\,500}{\frac{3}{2}r} \quad \eta_n = \frac{\frac{2}{3}l^2}{2r}$$

$$\text{für } x_1 = \frac{1}{3}l \text{ ist } \eta_1 = \frac{1}{27} \cdot \eta_n; \text{ für } x_2 = \frac{2}{3}l \text{ ist } \eta_2 = \frac{8}{27} \cdot \eta_n.$$

Bei Nebenbahnen und Schmalspurbahnen unter 600 m Halbmesser wird die Länge des Übergangsbogens durchweg 20 m genommen.









Unterschied der wahren Ortszeit — 36 Min. — 28 Min. — 20 Min. — 12 Min. — 4 Min. + 0,0 Min. + 4 Min. + 12 Min. + 20 Min. + 28 Min. gegen die 6 8 10 12 14 16 18 20 22 Mitteleurop. Zeit



Ziegler, Die Führung des Feldbuches.

Die römischen Zahlen I bis XIII sind die Heftnummern der Nivellementsergebnisse in Preußen.

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297553