

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw. ....

3462

Praktische Geometrie

von

Prof. W. Weibrecht

Stuttgart Verlag von  
Konrad Wittwer

570

3

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297676

M. Graef.



# Praktische Geometrie.

## Leitfaden

für den Unterricht an technischen Lehranstalten

sowie für die

Einführung von Landmessereleven in ihren Beruf und zum Gebrauch  
für praktisch tätige Techniker und Landwirte

bearbeitet von

**W. Weitbrecht,**

Professor an der Königl. Baugewerkschule und an der mit ihr verbundenen  
Fachschule für Vermessungswesen in Stuttgart.

---

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 134 in den Text gedruckten Figuren und einer lithogr. Beilage.



Stuttgart.

Verlag von Konrad Wittwer.

1906.

W. 22

KD 526.9:513.0

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 3462

Hofbuchdruckerei Carl Hammer in Stuttgart.

Akc. Nr. 3868/49

## Vorwort zur ersten Auflage.

---

Von dem in demselben Verlag erschienenen Leitfaden des † Prof. H. Gross für den Unterricht auf dem Gebiet der praktischen Geometrie ist nun auch die 5. Auflage vergriffen (welche einen unveränderten Abdruck der 2. darstellte). Das Bedürfnis eines elementar gehaltenen, sich auf die in der gewöhnlichen Bau- und Vermessungspraxis vorkommenden Aufgaben der praktischen Geometrie beschränkenden Buches ist dadurch erwiesen.

So habe ich mich denn entschlossen, das Werk meines Amtsvorgängers als Unterstützung für den Unterricht an technischen Lehranstalten und für die praktischen Aufgaben des mittleren Technikers fortzuführen und auf Grund meiner langjährigen praktischen- und Lehrtätigkeit auf dem Gebiet der Geodäsie neu zu bearbeiten.

Die Grenzen des ursprünglichen Werkes im wesentlichen beibehaltend und alles ausschliessend, was über die gewöhnlichen Aufgaben des mittleren Technikers hinausgeht, oder nicht mit elementarsten mathematischen Hilfsmitteln gelöst werden kann, hielt ich doch einige Erweiterungen des ursprünglichen Inhalts für angezeigt. Auch schien es mir namentlich im Hinblick auf die Einführung des speziellen Vermessungstechnikers in sein Fach notwendig, einige elementarste Gebiete, die gemeinhin nur kurz berührt zu werden pflegen, etwas breiter zu behandeln. Hierher gehört z. B. der § über Streckenmessung. Es gibt keine Spezialarbeit der praktischen Geometrie, die von gleich einschneidender Bedeutung für die Güte des ganzen Resultats wäre, als gerade die Streckenmessung. Und doch wird sie — sei es wegen der

hauptsächlich nötigen nur mechanischen Fertigkeit, sei es wegen der mit ihr zusammenhängenden Unbequemlichkeit oder der gefürchteten direkten Berührung mit der Erde — häufig mit einer gewissen Geringschätzung behandelt.

Dies dürfte die Ursache davon sein, dass es viel leichter ist, einem jungen Studierenden die nötige Fertigkeit in der Behandlung des Nivellierinstrumentes oder des Theodoliten beizubringen, als im Streckenmessen, der Grund ferner für die feststehende Tatsache, dass eine weitere Verfeinerung der Messungsergebnisse heute weniger durch Reduktion der Winkel- als vielmehr der als unvermeidlich bezeichneten Streckenfehler erzielt werden kann.

Ich gebe mich der Hoffnung hin, dass das Buch in seiner neuen Form die alten Freunde sich erhalte und neue hinzugewinne, und dass namentlich auch der angehende Vermessungstechniker daraus Nutzen zu ziehen vermöge.

Stuttgart, Frühjahr 1901.

Der Verfasser.

## Vorwort zur zweiten Auflage.

---

**E**ntsprechend dem Zweck des vorliegenden Buches: Den Unterricht in praktischer Geometrie an technischen Lehranstalten zu unterstützen und dem mit einfacheren Aufgaben aus dem Gebiete der Vermessungskunde betrauten Techniker beratend zur Seite zu stehen, sind die Grenzen, innerhalb welcher ich den Stoff in der ersten Auflage behandelte, sowie dessen Einteilung im wesentlichen auch bei der zweiten Auflage beibehalten worden.

Einige Erweiterungen, die mir von befreundeten Kollegen nahegelegt wurden, schienen mir jedoch im Hinblick auf veränderte Bedürfnisse und Umstände angezeigt. So habe ich der Beschreibung der speziellen Katastervermessungsdokumente noch eine kurze Abhandlung über Grundbuch, Wasserrechtsbuch und Steuerbuch beigefügt. Die Aufnahme eines Längenprofils über einen Wasserlauf dürfte dem Tiefbautechniker ebenso willkommen sein, wie dem Eisenbahntechniker die Erweiterung des Abschnitts über Kurvenabsteckung. In letzterem habe ich die Absteckung mittels Polarkoordinaten und diejenige von Übergangskurven neu aufgenommen.

Bei der trigonometrischen Höhenbestimmung habe ich geglaubt, Erdkrümmung und Refraktion, wenn auch nur kurz, noch berühren zu sollen, da deren Einflüsse allgemeinem Interesse begegnen.

Auf die Behandlung von Plänen mittels Farben und durch Federzeichnung bin ich etwas näher eingegangen, u. a. durch Bei-

fügung einer Zeichenvorlage. Durch die jeweilige nähere Inhaltsangabe ausserhalb der Druckfläche dürfte die Übersichtlichkeit erheblich gewinnen.

Möge das Buch auch fernerhin seinen Kreis von Freunden erhalten und erweitern.

Stuttgart, Herbst 1905.

**Der Verfasser.**

# Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einleitung . . . . .	1
----------------------	---

## Erster Abschnitt.

### Horizontalmessungen

Einleitung . . . . .	3
----------------------	---

#### Kapitel I.

#### Die grundlegenden Arbeiten der praktischen Geometrie und die dazu nötigen Geräte.

§ 1. Werkzeuge zum Abstecken von Punkten und Geraden, sowie zum Messen von Strecken . . . . .	5
§ 2. Hilfswerkzeuge zum Messen von Strecken . . . . .	9
§ 3. Instrumente ohne Fernröhren zum Messen und Abstecken von Winkeln . . . . .	18
§ 4. Ausführung der Grundoperationen der praktischen Geometrie (Ab- stecken von Punkten und Geraden, Messen von Strecken und Winkeln) . . . . .	26

#### Kapitel II.

#### Aufnahme von Figuren (Stückvermessung).

§ 5. Aufnahmemethoden . . . . .	51
§ 6. Zeichnung von Plänen . . . . .	63

#### Kapitel III.

#### Flächenberechnung.

Einleitung . . . . .	71
§ 7. Flächenberechnung aus Originalzahlen . . . . .	71
§ 8. Flächenberechnung mit teilweiser Benützung des Plans „halb- graphische Berechnung“ . . . . .	77
§ 9. Reingraphische Flächenberechnung . . . . .	80
§ 10. Grenzausgleichung. Flächenteilung . . . . .	87
§ 11. Katastervermessung. Katasterakten . . . . .	93

#### Kapitel IV.

#### Feinere Winkelmessinstrumente (Theodoliten).

§ 12. Bestandteile der feineren Instrumente . . . . .	102
§ 13. Der Theodolit . . . . .	110
§ 14. Anwendung des Theodoliten . . . . .	114

Zweiter Abschnitt.

**Höhenmessungen.**

Einleitung . . . . .	Seite 120
----------------------	--------------

Kapitel V.

**Die geometrische Höhenbestimmung.**

Einleitung . . . . .	122
§ 15. Die Nivellierinstrumente . . . . .	122
§ 16. Hilfswerkzeuge zum Einwägen (Nivellieren) . . . . .	127
§ 17. Die Ausführung der Einwägungen (Nivellements) . . . . .	129
§ 18. Untersuchung und Berichtigung (Rektifikation, Justierung) der Nivellierinstrumente . . . . .	145
§ 19. Ausarbeitung der Höhenaufnahmen. Geländedarstellung . . . . .	154

Kapitel VI.

**Die trigonometrische Höhenbestimmung.**

Einleitung . . . . .	164
§ 20. Messung von Höhenwinkeln. Höhendifferenzen und Profile aus geneigten Zielungen . . . . .	166

Kapitel VII.

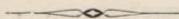
**Die barometrische Höhenmessung.**

Einleitung . . . . .	169
§ 21. Barometer. Barometrische Messung und Berechnung . . . . .	169

Dritter Abschnitt.

**Vermessungen für spezielle Bauzwecke.**

§ 22. Linienabsteckung (krumme Linien und Linien bestimmter Neigung)	175
§ 23. Absteckung von Lattenprofilen . . . . .	193
§ 24. Einschneiden von Schnurgerüsten . . . . .	196



# Einleitung.

Die praktische Geometrie (Geodäsie, Vermessungskunde) hat die Aufgabe, diejenigen Messungen vorzunehmen und weiter zu verarbeiten, welche zur bildlichen oder zahlenmässigen Wiedergabe der Form und Begrenzung von Teilen der Erdoberfläche nötig sind. Dabei sind in der Hauptsache zweierlei Gattungen von Grössen zu beobachten, nämlich Strecken und Winkel.

Aufgabe der  
prakt.  
Geometrie.

Sehen wir zunächst ab von den natürlichen Unebenheiten der Erdoberfläche, den Bergen und Tälern, und denken uns das aufzunehmende und darzustellende Gebiet als begrenzten Teil einer horizontalen (zur Meeresoberfläche konzentrischen) Fläche, so erkennen wir, dass dessen getreue Wiedergabe auf einem ebenen Plan unmöglich ist, weil diese Fläche (näherungsweise eine Kugel) sich nicht in die Ebene abwickeln lässt. Wir sind daher genötigt, die Darstellung entweder auf einer der Erdoberfläche ähnlichen Fläche zu bewirken, oder die Verzerrungen in Kauf zu nehmen, welche sich als naturnotwendige Folge der Abbildung auf die Ebene ergeben. Diese Verzerrungen werden übrigens um so eher zurücktreten, je kleiner das darzustellende Gebiet im Vergleich zur ganzen Erdoberfläche ist, je weniger auf dessen Ausdehnung die Kugelform der Erde also abweicht von der Berührungsebene, dem Berührungszylinder oder dem Berührungskegel, welche man als abwickelbare Bildflächen in der betreffenden Stelle an die Erde legt. Dabei beträgt die räumliche Ausdehnung des auf abwickelbarer Fläche darstellbaren Gebiets immerhin noch einige hundert Quadratkilometer, wenn man Projektions-Verzerrungen in den Strecken-, Winkel- und Flächengrössen bis zum Betrag von  $\frac{1}{10}$  der bei gewöhnlichen Messungen unvermeidlichen Beobachtungsfehler noch zulässt.

Fläche für  
die Ab-  
bildung  
von Teilen  
der Erd-  
kugel.

An Stelle der schwerfälligen Darstellung auf der Kugel beschränken wir uns daher im nachfolgenden auf die für den Techniker fast allein wichtige Darstellung auf einer Bildebene

(Niedere Geodäsie) und reduzieren damit den notwendigen mathematischen Hilfsapparat auf die Gebiete der ebenen Geometrie und Trigonometrie.

Wir scheiden damit gleichzeitig diejenigen geodätischen Aufgaben aus dem Kreis unserer Betrachtungen aus, welche vermöge bedeutender räumlicher Ausdehnung des Vermessungsgebiets, oder höherer verlangter Genauigkeit eine solche Beschränkung nicht ertragen. (Höhere Geodäsie.)

Gelände-  
uneben-  
heiten.

Unsere bisherige Betrachtung gründete sich auf die Annahme, das aufzunehmende Gebiet sei ein Teil der Meeres- oder einer ihr konzentrischen Fläche. Wir müssen diese Annahme jetzt verlassen, weil sie kaum irgendwo genau zutrifft. Die Unebenheiten der Erdoberfläche mögen wohl im Vergleich zur Gesamtausdehnung der Erde zurücktreten, für das von uns aufzunehmende, (nach dem vorhergehenden) beschränkte Gebiet spielen sie eine sehr bedeutende Rolle; ihre Darstellung bildet geradezu einen erheblichen Teil unserer Aufgabe.

Damit stellt sich aber die Schwierigkeit der ebenen Abbildung einer nicht abwickelbaren Fläche, der wir soeben durch Drangabe eines Teils unserer Aufgabe entronnen sind, in erhöhtem Masse wieder ein. Die in jahrtausendelanger Arbeit der Naturkräfte geschaffene Gestalt der Erdoberfläche — Berg und Tal — ist ebensowenig abwickelbar, als die Kugelfläche, ja sie ist von noch viel komplizierterer Form, als die letztere.

Es bleibt uns — wollen wir uns nicht der, nach Herstellung und Benützung schwerfälligen direkten Kopie, des Reliefs, bedienen — nichts übrig, als auch hier wieder zur Projektion unsere Zuflucht zu nehmen, und unsere Darstellung in eine Horizontal- und eine Vertikalprojektion zu zerlegen.

Damit zerfällt unsere niedere Geodäsie in zwei Hauptabschnitte, nämlich :

- I. „Horizontalmessungen“,
  - II. „Vertikalmessungen“.
-

## Erster Abschnitt.

# Horizontalmessungen.

Wir haben im vorhergehenden uns genötigt gesehen, an Stelle der Wiedergabe der wahren Gestalt von Teilen der Erdoberfläche diejenige horizontaler und vertikaler Projektionen treten zu lassen. Wir werden aber jetzt erfahren, dass die Horizontalprojektion, abgesehen von ihrer Bedeutung als notwendiger Teil der Darstellung der wahren Geländeform, auch für sich allein Verwendung findet. Für die bauliche, oder landwirtschaftliche Ausnützbarkeit und daher auch für den Verkaufs- und Besteuernungswert eines Grundstücks kommt lediglich dessen **horizontale Erstreckung**, d. h. die Grösse der Horizontalprojektion in Betracht, nach welcher die Grösse der zu schaffenden Wohnräume, die Entfernung der Gebäude, der vertikal wachsenden Halme und Stämme etc. sich ergibt.

Wollte man umgekehrt die tatsächliche, geneigte Fläche zugrunde legen, so wäre die im öffentlichen Verkehr wichtige Grundstücksgrösse fortwährenden und willkürlichen Schwankungen unterworfen. Der Verkäufer eines Grundstücks könnte dessen Oberfläche durch Erdarbeiten (Gräben, Dämme etc.) beliebig vergrössern. Nur die Darstellung der Horizontalprojektion schafft ferner die Möglichkeit, auf Grund geodätischer Aufnahmen die Richtung und Länge der Horizontalprojektion unbegangener, ja unzugänglicher Strecken (Waldabteilungsgrenzen, Tunnelachsen etc.) zum voraus und genau zu berechnen und die frühere Lage etwa verloren gegangener Grundstücksgrenzen trotz etwa vor sich gegangenen Geländeumbaus mit Sicherheit wieder anzugeben. Gegen diese zahlreichen und wichtigen Benützungsfälle der Horizontalprojektion treten diejenigen vollkommen zurück, bei denen die wirkliche (geneigte oder krumme) Flächenausdehnung gesucht und zu ermitteln ist (Ausmessung von Pflaster- und anderen Bauarbeiten, Ausnützung von Grundstücken zur Rasenbleiche, Wegkilometrierung etc.). —

Wir werden im gegenwärtigen Abschnitt, wenn nicht ausdrücklich etwas anderes gesagt ist, uns die Abbildung der Horizontalprojektion zur Aufgabe stellen und unter einem „**Punkt**“ bezw. einer „**Geraden**“ zumeist nicht solche im mathematischen Sinn, sondern diejenigen geometrischen Gebilde verstehen, die sich horizontal als Punkt bezw. als Gerade projizieren (Punkt,

Horizontalprojektion für viele Zwecke allein ausreichend.

Sprachliche Ungenauigkeiten.

vertikale Gerade; Gerade, einfach gekrümmte Linie in vertikaler Ebene, vertikale Ebene). Ebenso werden wir die Horizontalprojektion einer Strecke  $AB$  kurz als Strecke  $AB$ , diejenige eines Winkels  $ABC$  kurz als den Winkel  $ABC$  bezeichnen und in allen Fällen nur die ersteren zu ermitteln suchen.

Längen-  
einheit.

Die **Masseinheit** für die Längen ist (im Gegensatz zur Winkeleinheit, die sich Jeder an jedem Ort durch Teilung des Kreisumfangs, bzw. der vollen Drehung, selbst herstellen kann) eine künstliche, auch wenn sie ursprünglich durch die Grösse irgend einer in der Natur vorkommenden Länge (Elle, Fuss, Schritt etc.) ausgedrückt wurde.

In Deutschland gilt als gesetzlich vorgeschriebene, im öffentlichen Verkehr allein zugelassene Längeneinheit **das Meter**, dessen Länge ursprünglich durch die Bedingung bestimmt wurde: Die in Meereshöhe gemessene kürzeste Entfernung vom Äquator bis zum Pol (Viertelsmeridian), soll 10 Millionen solcher Längeneinheiten enthalten. Auf Grund astronomisch-geodätischer Messungen (Gradmessungen) ergab sich aus dieser Bedingung  $1 \text{ m} = 443,296$  Pariser Linien.

Spätere Gradmessungen zeigten, dass dieses Mass nicht ganz genau der oben genannten Bedingung entspricht und dass die Entfernung vom Äquator bis zum Pol ungefähr 10 000 856 dieser Einheiten misst. Trotzdem ist aber die angegebene Massbeziehung festgehalten worden.

Durch Staatsbehörden (Normal-Eichungskommission, Eichämter, vgl. Württemb. Regierungsblatt Nr. 7 und 10 von 1871 u. a. O.) ist dafür gesorgt, dass das Meter in der nötigen Zuverlässigkeit (zulässiger Maximalfehler für die Eichung z. B. einer 5 m-Stange  $\pm 4$  mm, des 20 m-Bandes  $\pm 4$  mm) denen zugänglich ist, die ihrer bedürfen.

Für Katastermessungen verwendete  $\frac{5}{3}$  m-Messstangen dürfen höchstens um  $\pm \begin{matrix} 1,6 \text{ mm} \\ 1,3 \text{ mm} \end{matrix}$  von der Solllänge abweichen.

Die Betrachtung der Vergleichsapparate und die Mittel zur Erlangung grösserer Treue der Kopie mögen hier übergangen werden.

Die Form der abgekürzten Schreibweise der Längenbezeichnungen in Deutschland wurde durch Bundesratsbeschluss festgesetzt und im Reichs- und preussischen Staatsanzeiger vom 17. November 1877 veröffentlicht ( $1 \text{ m} = 10 \text{ dm} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = \frac{1}{100} \text{ hm} = \frac{1}{1000} \text{ km}$  etc.)

Winkel-  
einheit.

Als **Winkeleinheit** dient der vierte Teil einer vollen Drehung, — der Rechte Winkel.

Dieser wird geteilt in 90 Grade à  $60'$  à  $60''$ . (Sexagesimal- oder alte Teilung.)

Grosse Vorteile für die rechnerische Ausnützung der gemessenen Winkel bietet die seit einem Jahrhundert sich immer mehr ausbreitende Zentesimal- oder neue Teilung, bei welcher der rechte Winkel zerfällt in  $100^{\circ}$  à  $100'$  à  $100''$ .

## Kapitel I.

### Die grundlegenden Arbeiten der praktischen Geometrie und die dazu nötigen Geräte.

#### § 1. Werkzeuge zum Abstecken von Punkten und Geraden, sowie zum Messen von Strecken.

a) **Stäbe** (Baken, Piquets, Jalons) dienen zur Sichtbarmachung, zum „Aufstecken“ von Punkten, sie haben zylindrische Form, kreisrunden Querschnitt und 2 bis 4 cm Stärke. Ihre Länge beträgt 1 bis 3 m (je länger um so eher sichtbar auch über Terrainwellen hinweg, aber um so schwieriger in den Boden einzustecken und um so unbequemer bei windigem Wetter). Unten sind sie mit eisernen bezw. stählernen Schuhen versehen, die in gehärteten Spitzen oder (zum Einstecken in Pflasterfugen) in Schneiden endigen. Um ihre Sichtbarkeit auf grössere Entfernungen zu erhöhen, sind die Stäbe mit Ölfarbe, meist rot und weiss abwechselnd von 0,5 m zu 0,5 m, angestrichen. Zu kleine oder zu grosse Intervalle (0,1 m bezw. 1,0 m) schädigen die Sichtbarkeit auf grössere Entfernung. Zweckmässigerweise tragen die Stäbe, zur gelegentlichen Verwendung als Massstab, Dezimeterteilung.

Geräte zum  
Aufstecken  
von  
Punkten.

Zum Verstreben eines Stabs, der auf einem Punkt aufgestellt werden soll, auf welchem er nicht im Boden befestigt werden kann, sind eiserne Doppelringe zweckmässig, deren lichte Weite dem Stabdurchmesser entspricht und von denen der eine sich um eine in der Ebene des zweiten liegende, an letzterem befestigte Achse drehen lässt.

Dem Krummwerden des Holzes kann durch Zusammenfügen mehrerer der Länge nach gespaltener bezw. gesägter Stücke, wie auch durch passende Aufbewahrung (Aufhängen oder Auflegen auf satter Unterlage) vorgebeugt werden.

Bei weniger ausgedehnten, oder weniger wichtigen Arbeiten verwendet man wohl auch gewöhnliche gespaltene oder gesägte, von oben herab eingeschlitzte Stäbe, Weinbergpfähle etc., in die, zwecks besserer Sichtbarkeit, symmetrisch nach beiden Seiten ein Stück Papier eingezwängt wird.

Die übrigen, gleichfalls dem Zweck der Sichtbarmachung von Punkten dienenden Geräte — Signalscheiben, dünne eiserne Stäbchen, je in Verbindung mit Dreifuss zum Aufstellen auf Trottoirs oder chaussierten Strassen, Stangen

von 3—5 m Länge mit Flaggen, Kreuzen, Körben, 4seitige Pyramiden aus Hölzern mit Verlattung, Spiegel zum Zurückwerfen des Sonnenlichts in der Richtung gegen den Beobachter, zu Lämpchen ausgebildete Senkel für Arbeiten unter Tag — kommen nur in besonderen Fällen, z. B. wenn die Genauigkeit über das übliche Mass hinaus gesteigert werden will, oder wenn die Zielweiten sich nach Kilometern bemessen, in Anwendung und können hier übergangen werden.

Längen-  
mess-  
werkzeuge.

b) Die **Längenmesswerkzeuge** lassen sich einteilen in **Strichmasse**, d. h. Massstäbe mit Endstrichen, welche nur für feinere Streckenmessungen in Verbindung mit Mikroskopen, sowie als „Nivellierlatten“ bei Vertikalmessungen angewandt und daher hier übergangen werden, und **Endmasse**, deren Endflächen bezw. Endkanten um ein gewisses, der Messung zugrunde liegendes Mass voneinander entfernt sind. Zu den letzteren gehören:

Mess-  
stangen  
oder Mess-  
latten.

a) Die **Messstangen** oder **Messlatten** von 2, 3, 5 m Länge aus astfreiem, trockenem Fichtenholz mit rundem, ovalem, vereinzelt auch rechteckigem Querschnitt und 2—4 cm Stärke. Zum Schutz gegen Bruch werden sie gegen die Mitte um etwa 1 cm stärker.

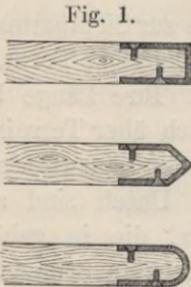


Fig. 1.

Fig. 1 a.



Zum genaueren Anlegen bei möglicher Unveränderlichkeit der Länge sind die Enden mit eisernen Kappen (Zwingen) versehen, welche in Ebenen, Kanten oder Zylinderflächen senkrecht zur Stangenachse endigen und durch seitlich spiralförmig angeordnete Holzschrauben mit versenkten Köpfen an den Stangen befestigt werden. Fig. 1.

Wichtig ist, dass zwischen der inneren Kappenendfläche und der Stirnfläche des Holzes kein hohler Zwischenraum verbleibt, wegen der andernfalls leicht sich einstellenden Längenveränderung infolge Aufwerfens der Stange beim Messen. Es empfiehlt sich daher, vor dem erstmaligen Gebrauch nach erfolgter Wegnahme der Befestigungsschrauben den Versuch zu machen, mittels eines schweren Hammers die Zwinde einzutreiben. Gelingt dies, so wird sie zuerst herausgenommen und der Zwischenraum, soweit erforderlich, mit Papierscheibchen ausgelegt.

Erfahrungsgemäss nützt sich die Stange am raschesten direkt hinter der Zwinde ab, weil dieser Teil durchs Aufwerfen bei der Messung in abscheuernde Berührung mit Steinkörperchen etc. gerät. Fig. 2. Um dieser Abnützung und dem schliesslichen Bruch entgegenzuwirken, werden neuerdings eiserne Schutzstreifen von 0,5 bis 1 m Länge mit den Zwingen vernietet und an der Stange befestigt, eine Einrichtung, welche sich gut bewährt hat.

Zur Erleichterung des Ablesens und zur Abhaltung schädlicher Nässe versieht man die Messstangen mit einem Ölfarbanstrich, dessen Farbe von m zu m wechselt. Die Grenzen der einzelnen dm werden durch farbige Ringe (diejenige der ganzen und halben Meter doppelt) und überdies noch durch kurze Stiften bezeichnet.

Fig. 2.

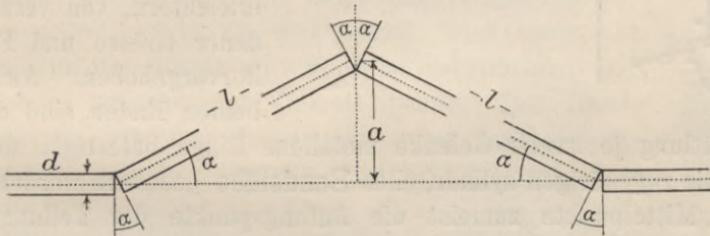


Die Verwendung beim Messen geschieht immer paarweise; durch etwas verschiedenen Anstrich der beiden Individuen eines Pairs erlangt man ein Mittel, sich vor Zählfehlern einigermaßen zu schützen (s. S. 31).

Zerlegbare Messstangen, oder Messstangen mit Justiervorrichtung sind nicht zu empfehlen.

Die ovale Form des Querschnitts hat gegenüber der kreisrunden den Vorzug weniger leichten Rollens, leichterer Verwendbarkeit bei schmutzigem Wetter und geringerer Abnutzung der Dezimeterstriche, weil die Auflage immer auf derselben Seite erfolgt, ferner denjenigen grösserer Sicherheit gegen das Verbiegen und Einschlagen, sie ergibt aber schwerere und unhandlichere Stangen,

Fig. 3.



die weniger leicht als bei der runden Form mit einer Hand zu bedienen sind. Die gewöhnliche Form der Zwingenenden ist die ebene. Kleine Abweichungen von der geraden Messungsrichtung in horizontalem, wie in vertikalem Sinn erzeugen bei dieser Form Klaffungen zwischen den Endflächen, welche massverkleinernd, also entgegengesetzt den direkten Folgen der Zickzackmessung wirken.

Es liegt daher der Gedanke nahe, den Einfluss der letzteren durch entsprechende Dicke der Messstangenenden sich aufheben zu lassen. Weicht eine Stangenlage um den Winkel  $\alpha$  nach der einen, die folgende um denselben Winkel nach der andern Seite ab, so beträgt die dadurch bedingte Massvergrößerung (vergl. Fig. 3)

$$\begin{aligned}
 2l - 2(l \cos \alpha) - 2d \sin \alpha &= 2l(1 - \cos \alpha) - 2d \sin \alpha \\
 &= 4 \left( 1 \sin^2 \frac{\alpha}{2} - \frac{d \sin \alpha}{2} \right) \\
 &= 4 \sin \frac{\alpha}{2} \left( 1 \sin \frac{\alpha}{2} - d \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right).
 \end{aligned}$$

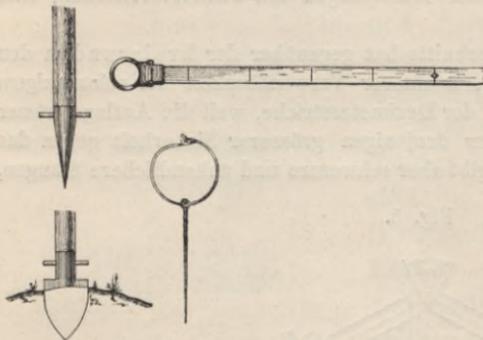
Dieser Betrag wird = 0 (abgesehen von dem selbstverständlichen Fall  $\alpha = 0$ ) für  $l \sin \frac{\alpha}{2} = d \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$  oder für  $d = l \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ .

Nimmt man an, das eine Stangenende weiche von der Geraden um den Betrag  $a$  ab, so wird  $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{a}{2l}$  und  $d = \frac{a}{2}$ . Es müsste also die Dicke des Stangenendes veränderlich und jeweils  $= \frac{a}{2}$  sein, wenn die beiden Fehler- einflüsse sich aufheben sollten. Jedenfalls ergibt sich aus dieser Untersuchung, dass die ebene Form des Stangenendes einen Teil der Folgen schlechter Messungsrichtung eliminiert, namentlich insolange die jeweilige Ausbeugung  $a$  zwischen 0 und  $2d$  bleibt. Sie ist also aus diesem Grund, wie auch wegen der bequemeren Handhabung beim Senkeln der Keilform dann vorzuziehen, wenn dafür gesorgt ist, dass die Zwingenenden genau  $\perp$  zur Stangenachse angeordnet sind.

Messband.

$\beta$ ) Das **Messband**, aus Leinen mit Stahldrähten durchzogen, oder aus gehärtetem Stahl, ist 10 bis 20 m lang, 1 bis 3 cm breit und  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  mm dick.

Fig. 4.



Eingeschlagene Stiftchen oder eingezätzte Striche bezeichnen die Endpunkte der dm, die halben und ganzen m werden durch aufgenietete Messingplättchen (um die Ablesung zu erleichtern, von verschiedener Grösse und Form) hervorgehoben. An den beiden Enden sind durch

Vermittlung je zweier Gelenke metallene Ringe befestigt, welche über die zugehörigen zylindrischen **Bandstäbe** gestreift werden und deren Mittelpunkte zumeist die Anfangspunkte der Teilung bezeichnen, s. Fig. 4.

Zur Messungseinrichtung gehört noch eine Anzahl 20 bis 40 cm langer eiserner Nadeln mit Ösen, welche während des Messens in einem Ring am Gürtel getragen werden und zur jeweiligen Bezeichnung des vorderen Bandendes dienen; zum Aufbewahren und zum Transport wird das Band über ein Holzkreuz (Haspel) oder eisernen Ring gewickelt und samt den Nadeln und Ringen in einem Kästchen untergebracht.

Messkette.

$\gamma$ ) Die **Messkette**, eine Kette aus  $\frac{1}{2}$  m langen, durch Ringe oder Metallplättchen verbundenen Metallgliedern, an beiden Enden, wie das Messband, mit Stabringen versehen, ist für genauere Messungen heute nicht mehr im Gebrauch, weil Abnützung, Dehnen und Verschränken der Ringe, Einschleiben fremder Körper zwischen

dieselben schwer kontrollierbare und schwankende Einzelfehler verursachen, die das Messungsergebnis ungünstig beeinflussen. Dagegen hat sie im Vergleich zum Messband den Vorzug leichterer Reparierfähigkeit.

Die weiteren Längenmesswerkzeuge — der Feldzirkel, das Messrad und die optischen Distanzmesser — dienen mehr speziellen Zwecken, oder überschreiten den dem vorliegenden Buch gesteckten Rahmen, sie können daher hier übergangen werden.

## § 2. Hilfswerkzeuge zum Messen von Strecken.

a) **Das Lot oder der Senkel** ist ein an einem Faden aufgehängter schwerer Körper, der dem ersteren die Richtung gegen den Schwerpunkt der Erde gibt. Befindet sich der freischwebende Körper in Ruhe, so liegen Aufhängepunkt, Befestigungspunkt des Fadens, Lotschwerpunkt und Erdschwerpunkt in einer Geraden (Vertikalen). Um den Schnittpunkt dieser Geraden mit der Erdoberfläche bequem bestimmen zu können, erhält das Lot eine nach unten spitz zulaufende Form (Birn- oder spitze Kegelform). Die vier erstgenannten Punkte stellen sich selbsttätig in eine Vertikale, sobald der Senkel zur Ruhe kommt, die Senkelspitze gehört ihr aber nur an, wenn sie in der Verlängerung des Befestigungs- und des Lotschwerpunktes liegt. Ob dies zutrifft, wird untersucht, indem man den Faden des in Ruhe befindlichen, freischwebend aufgehängten Senkels zwirnt. Der Durchmesser des von der Senkelspitze etwa beschriebenen Kreises zeigt die doppelte Abweichung der letzteren an.

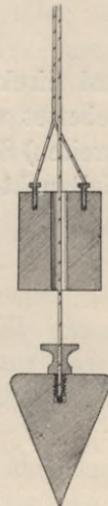
Weitere, im Interesse pünktlicher Arbeit an den Senkel zu stellende Anforderungen sind: genügende Schwere (ca. 0,25 bis 0,3 kg) und geringe Angriffsfläche für den Wind, geringe Schnurdicke.

An Stelle des einfachen wird vielfach der sogen. Doppelsenkel verwendet, dessen Faden durch ein zentrisch durchbohrtes, zylindrisches Metallstück hindurchgeht, an dessen oberem Ende er zweiteilig an Punkten symmetrisch zum Bohrloch befestigt wird (Fig. 5).

Der Doppelsenkel hat den Vorzug, dass er an einem Haken bequem aufgehängt und dass seine Spitze in jeder beliebigen Höhe festgestellt werden kann. Diese Bequemlichkeit lässt sich übrigens auch beim einfachen Senkel durch einen Laufknoten leicht erzielen, ohne dass die Angriffsfläche für den Wind durch ein zweites Metallstück und eine zweite Schnur vermehrt werden müsste. Überdies bewirkt eine etwaige unsymmetrische Befestigung des Gegengewichts beim Doppelsenkel eine Verschwenkung der Bohrung und damit eine, wenn auch

Das Lot  
oder  
der Senkel.

Fig. 5.



leicht zu konstatierende Verschiebung der Senkelschnur. Der einfache Senkel ist daher dem Doppelsenkel vorzuziehen.

Die weiteren, speziellen Aufgaben dienenden Geräte dieser Art (Präzisionsnenkel, optische Ablotevorrichtungen für Arbeiten über und unter Tag) können hier übergangen werden.

Wasser-  
wage.

b) Die **Wasserwage** (Libelle) dient zur Herstellung horizontaler Geraden und Ebenen (senkrecht zur Richtung des Lotfadens). Wir unterscheiden zwischen

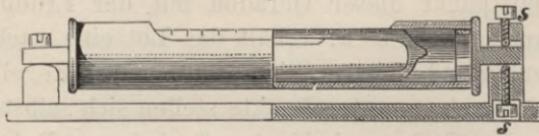
- α) Röhrenlibellen,
- β) Dosenlibellen.

Form des  
Glas-  
körpers.

α) Die **Röhrenlibelle** (Fig. 6, 7 und 9) besteht aus einer gebogenen, oder innen nach einer Drehfläche (Erzeugende = Kreisbogen, Drehachse = Sehne) ausgeschliffenen Glasröhre, die nach erfolgter teilweiser Füllung mit einer Flüssigkeit (Weingeist, Schwefeläther) beiderseits verschlossen und zum Schutz gegen Beschädigung

Füllung.

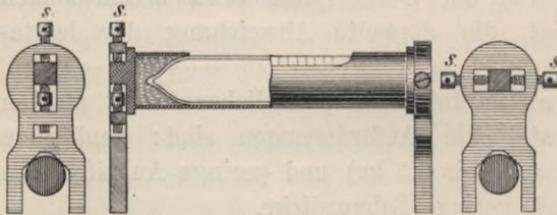
Fig. 6.



und direkte Wärmestrahlen in eine, meist metallene, Hülse eingebettet wird. Auf der obern (bei Wendelibellen auch auf einer zweiten) Seite erhält die äussere Glasfläche zwei zu einem beliebigen Nullpunkt symmetrische, oder (bei feineren Libellen) von einem Null-

Teilung.

Fig. 7.



punkt aus nur in einer Richtung bezifferte Teilungen (Teilungsintervall = 1 Pariser Linie, oder auch = 1 Doppelmillimeter). Die Teilungen haben den Zweck, die Stellung der bei verschiedenen Temperaturen verschieden grossen Luftblase gegen den Nullpunkt genau erkennen zu lassen. Die Hülse ist auf beiden Stirnflächen mit prismatischen Ansätzen versehen, welche auf vertikalem Ständer befestigt sind, oder welche durch die rechteckige Öffnung von Metallplatten hindurchtreten und durch Verbesserungsschrauben s innerhalb derselben in gewünschter Lage festgehalten werden. Diese Metall-

Verbindung  
der Metall-  
hülse mit  
dem Lager.

platten erhalten unten ein linealförmiges Verbindungsstück (Tischlibelle, s. Fig. 6) zum Aufsetzen auf einer Ebene, oder sie endigen in y-förmigen Haken, mittels derer die Wasserwage auf zylindrischer Achse aufgesetzt (Stützlibelle, Reiterlibelle, s. Fig. 7), oder aufgehängt wird (Hängelibelle).

Anforderungen an die Wasserwage:

Anforderungen.

- 1) Die Erzeugende der Schiffsfläche soll genau kreisförmig sein.
- 2) Die Wasserwage muss eine ihrem Gebrauchszweck entsprechende Empfindlichkeit besitzen.
- 3) Die Libellenachse muss parallel sein zur Lagerfläche (Libellenfüsse gleich lang).

Untersuchung zu 1). Man befestigt die Wasserwage auf einem Fernrohr, das sich vertikal um kleine Beträge bewegen (kippen) lässt, und liest durch dieses auf einem in der Entfernung  $d$  (etwa 50 m) vertikal gestellten Massstab (Nivellierlatte) jedesmal ab, wenn die Luftblase durch Kippen des Fernrohrs um ein Libellenintervall verschoben worden ist. Die Ablesungen an dem Massstab müssen sich dann um gleiche Beträge  $\Delta a$  unterscheiden.

Untersuchung zu 1).

Da Temperaturänderungen Änderungen der Libellenblase erzeugen, sind stets beide Blasenenden zu berücksichtigen. Aus diesem Grund ist es bequemer, umgekehrt den Horizontalfaden der Reihe nach auf aufeinanderfolgende cm (oder  $\frac{1}{2}$  cm, oder Doppelmillimeter) Teilpunkte einzustellen und auf der Libellenteilung beide Luftblasenenden jeweils abzulesen. Die Stellungen der hieraus sich ergebenden Luftblasenmitten müssen in diesem Fall um gleiche Libellenstrecken  $\Delta l$  sich unterscheiden. Aus ihnen kann man, wenn gewünscht, die einem Libellenintervall  $b$  entsprechende Bewegung  $\Delta a$  an der Latte berechnen. Diese Untersuchung ist über die ganze, von der einspielenden Luftblase bei wechselnder Temperatur jeweils eingenommene Strecke auszudehnen. Ein etwaiger Fehler macht die Libelle unbrauchbar.

Statt die Libelle auf einem Fernrohr zu befestigen, kann man sie auch auf einem Legebrett, oder einer Setzlatte aufsetzen. Ersteres Instrument ist aber zumeist nicht im Besitz des Praktikers, letzteres Hilfsmittel liefert ungenaue Resultate.

Die Untersuchung zu 2) ergibt sich als Nebenprodukt der Untersuchung 1: Man bildet das arithmetische Mittel  $\Delta a$  der verschiedenen Ablesungsunterschiede. Als Rechenprobe muss sein, wenn die Luftblase im ganzen um  $n$  Teilstriche fortbewegt wurde:

Untersuchung zu 2).

$$\Delta a = \frac{\text{grösste} - \text{kleinste Lattenablesung}}{n}$$
 Je kleiner nun  $\Delta a$  bei konstantem Weg der Libellenblase (Teilungsintervall  $b$ ), d. h. je kleiner der

Was ist Libellenempfindlichkeit?

Neigungswinkel  $\varepsilon$  ist, um den die Libelle gekippt werden muss, um die Luftblase um einen Teilstrich fortzubewegen, um so empfindlicher ist die Wasserwaage. Das Mass für die Empfindlichkeit einer Wasserwaage ist der  $\sphericalangle \varepsilon$ , um welchen die Libelle geneigt werden muss, damit die Luftblase um einen Teilstrich fortwandere.

Die Empfindlichkeit  $\varepsilon$  wird in Sekunden ausgedrückt und man hat

$$\varepsilon'' = \frac{\Delta a}{d} \cdot \varrho'' = \frac{\Delta a}{d} \cdot 206\,265''.$$

Ist der Schliffradius =  $r$ , so ist auch

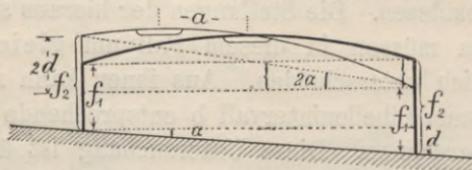
$$\varepsilon'' = \frac{b}{r} \cdot \varrho'' = \frac{b}{r} \cdot 206\,265'',$$

d. h. die Libellenempfindlichkeit ist umgekehrt proportional dem Schliffradius der inneren Wandung, je grösser der letztere, um so genauer, aber auch um so teurer ist die Wasserwaage. Die Empfindlichkeit der für gewöhnliche Arbeiten verwendeten Röhrenlibellen liegt zwischen 10'' und 30'' a. T., beträgt aber bei feinsten Libellen zwischen 2'' und 4'' für ein Teilungsintervall  $b = 1$  Pariser Linie. Entspricht die Wasserwaage nicht der Anforderung 2), so ist sie wenigstens für den in Aussicht genommenen Zweck untauglich.

Untersuchung zu 3).

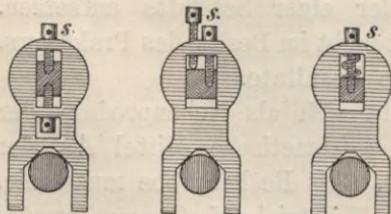
Die Flüssigkeitsoberfläche (Luftblase) ist unter allen Umständen horizontal, die im Nullpunkt der Teilung an

Fig. 8.



den Libellenschliff gedachte Tangente, die „Libellenachse“ aber nur dann, wenn bei erfüllter Forderung 1) der durch die Luftblase

Fig. 9.



ausgefüllte Bogen des Libellenschliffs mit beiden Enden gleichweit vom Teilungsnullpunkt absteht, d. h. wenn die Libelle einspielt. Soll in diesem Zustand auch das Lager der Libelle horizontal sein, so muss die Forderung 3) erfüllt sein. Zur Untersuchung bringt man die Libelle

zum Einspielen und setzt sie alsdann um (verwechselt die beiden Auflagerpunkte). Ist (s. Fig. 8, wo die stärkere Linie die erste,

die schwächere Linie die zweite Lage vorstellt)  $c$  die Entfernung der Libellenstützen von einander, so ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{c} \text{ also } \alpha \sim \frac{d}{c} \text{ und } 2\alpha \sim \frac{2d}{c},$$

d. h.: der etwaige Ausschlag der Luftblase in der zweiten Libellenstellung entspricht der doppelten Ungleichheit der Libellenfüsse. Sie wird mittels der vertikal wirkenden Korrektionschrauben  $s$  (s. Fig. 6, 7 u. 9) zur Hälfte des Ausschlags weggebracht, (die andere Hälfte des Ausschlags wird von einer unbeabsichtigten Neigung der Unterlage hervorgerufen und muss an dieser verbessert werden).

Zur Vermeidung unbeabsichtigter Änderungen, namentlich während des Transports, sind die Justiervorrichtungen geodätischer Instrumente mit entgegengerichteten Zug- oder Druckschrauben  $s$ , oder einer Schraube in Verbindung mit gegenwirkender Feder, versehen (s. Fig. 6, 7 und 9).

$\beta$ ) Die **Dosenlibelle** (Fig. 10) ist ein zylindrisches Metallgefäß, welches oben mit einer Glasplatte abgeschlossen ist, deren innere Fläche durch Schliff die Form einer Kugelkappe erhielt. Empfindlichkeit 1—5 Minuten. In die äussere Fläche dieser Glasplatte sind einige konzentrische Kreise im gegenseitigen Abstand

Dosenlibelle.  
Form des Glaskörpers.  
Teilung und Fallung.

Fig. 10 a.

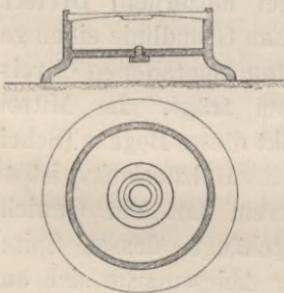


Fig. 10 b.

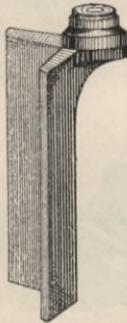
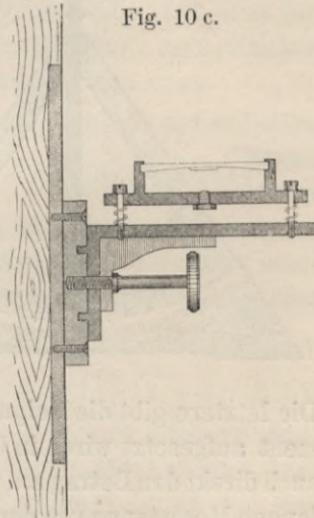


Fig. 10 c.



einer Pariser Linie oder eines Doppelmillimeters eingätzt. Der Hohlraum ist mit einer Flüssigkeit (Weingeist oder Schwefeläther) nahezu angefüllt, deren Oberfläche den Glasschliff nach einem Kreis schneidet. Ist der letztere konzentrisch den in die Glasplatte eingätzten Kreisen, d. h. „spielt die Wasserwage ein“, so ist die Berührungsebene an die Schliff-(Kugel)fläche im Mittelpunkt der Kreise die „Libellenachse“ parallel der Flüssigkeitsoberfläche, d. h. wie diese horizontal. Dasselbe trifft für die Lagerfläche der Wasserwage zu, wenn diese parallel der genannten Berührungsebene ist.

Anforderung.

Unter-  
suchung.

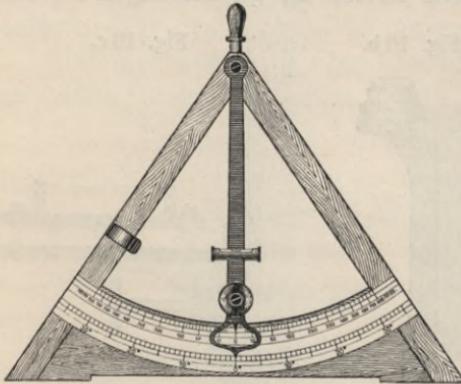
Zur Untersuchung der letzteren Anforderung wird die Wasser-  
wage auf ebenem Lager zum Einspielen gebracht und alsdann um  
ihre Längsachse gedreht. Ein etwaiger Ausschlag erreicht bei einer  
Drehung um 2 R sein Maximum und beweist die Divergenz der  
Lagerfläche gegenüber der oben genannten Berührungsebene. Ver-  
besserung erfolgt durch Abschleifen der Lagerfläche, falls eine  
Korrektionsvorrichtung (in der Regel drei Zugschrauben, welche in  
eine Metallplatte eingreifen und denen eine Blattfeder oder je eine  
Spiralfeder entgegenwirkt, s. Fig. 10a) fehlt.

Die Dosenlibelle gewährt gegenüber der Röhrenlibelle den Vorzug, hori-  
zontale Ebenen bezw. vertikale Gerade (Vertikalstellung von Stäben, Nivellier-  
latten) ohne Umsetzen der Wasserwage herstellen zu lassen. Sie ist aber we-  
niger empfindlich, weil der Schliffradius kleiner gehalten werden muss, und  
daher weniger genau. Aus diesem Grunde wird sie zuweilen durch zwei auf  
einer Platte in zwei zueinander senkrechten Richtungen angeordnete Röhren-  
libellen (Kreuzlibelle) ersetzt.

Gradbogen.  
Zweck und  
Beschrei-  
bung.

c) Der **Gradbogen** (Fig. 11) dient zur Bestimmung des Nei-  
gungswinkels materieller Geraden (z. B. der Lage von Messstangen)  
und zur Reduktion geneigt gemessener Längen auf die  
wagrechte Ebene. Er be-  
steht aus einem (in der  
Regel hölzernen) Dreieck,  
dessen Grundlinie einen ge-  
teilten metallenen Kreis-  
bogen trägt. Im Mittel-  
punkt dieses Bogens (Schei-  
tel des Holzdreiecks) ist an  
starrem Lot ein Gewicht  
aufgehängt, dessen Spitze  
oder Ablesemarke sich auf  
der Teilung frei bewegt.

Fig. 11.



Die letztere gibt die Neigung der Stangenlage, auf welcher das Instru-  
ment aufgesetzt wird, in Gradmass (Unterabteilungen von 10'), oder  
auch direkt den Betrag an, um welchen das Mass der schief gelegten, 5 m  
langen Messstange von der Länge ihrer Horizontalprojektion abweicht.

Anfor-  
derungen.

Zu diesem Zweck muss das Instrument folgenden Anfor-  
derungen genügen:

- 1) Teilungsnulldpunkt = Fusspunkt des Lots vom Senkel-  
aufhängepunkt zur Auflagelinie.
- 2) Teilungsmittelpunkt = Aufhängepunkt des Senkels.
- 3) Teilungsintervalle und -Bezifferung müssen dem durch sie  
bezeichneten Teil des Vollkreises entsprechen.

Untersuchung zu 1). Aufsetzen des Instruments auf fester Unterlage, Ablesung  $a_1$  an der Senkelspitze. Umsetzen des Instruments (Vertauschung der Auflagerpunkte). Unter-  
suchung.

Die Senkelspitze zeigt auf  $a_2$ .

Die Bögen  $\begin{cases} 0 - a_1 \\ 0 - a_2 \end{cases}$  müssen absolut gleich und entgegengesetzt gerichtet sein, oder Ablesung  $a_1 = -a_2$ .

Wegen etwaiger Nichterfüllung der Bedingung (2) soll die Auflage bei Untersuchung (1) möglichst horizontal gewählt werden, so dass  $a_1$  und  $a_2$  nahezu = 0.

Verbesserung durch Abhobeln der Auflagerfläche.

Untersuchung zu 2). Es können hier bei etwaiger Nichterfüllung der Anforderung zwei Fälle unterschieden werden, nämlich

Teilungsnulldpunkt, Teilkreismitelpunkt und  $\begin{cases} \text{liegen nicht} \\ \text{liegen} \end{cases}$   
Senkelaufhängepunkt

in einer Geraden. Im ersten Fall zeigt sich der Fehler schon dadurch, dass trotz der Erfüllung von Forderung (1) eine beliebig hergestellte (für die Untersuchung möglichst grosse) Neigung auf beiden Seiten der Teilung, d. h. bei umgesetztem Gradbogen verschiedene Werte ergibt, weil die Teilungsintervalle auf dem von der Senkelspitze beschriebenen Weg je nach dem veränderlichen Abstand vom Teilkreismitelpunkt verschieden gross sind.

Im zweiten Fall ergibt sich der Neigungswinkel zwar in beiden Lagen gleich, aber zu  $\begin{matrix} \text{gross,} \\ \text{klein,} \end{matrix}$  wenn der Senkelaufhängepunkt zu  $\begin{matrix} \text{hoch} \\ \text{nieder} \end{matrix}$  liegt. Man stellt sich daher am besten eine bestimmte Neigung  $\alpha$  her (etwa durch Einfügen einer Messstange  $l$  zwischen einer vertikalen und einer horizontalen Ebene in der Höhe  $h$ , so dass  $\sin \alpha = \frac{h}{l}$ ) und untersucht, ob das Instrument beim Aufsetzen diesen Wert  $\alpha$ , bezw. den Reduktionsbetrag  $d = 1 - l \cos \alpha$  (s. S. 37) anzeigt. Trifft dies zu, so ist nicht nur die zentrische Lage des Aufhängepunkts, sondern auch die Richtigkeit der betreffenden Teilstriche und -Bezifferung konstatiert. Trifft es nicht zu, so legt man sich eine Tabelle an mit den Spalten: 1) am Gradbogen abgelesene Neigung, 2) wirkliche Neigung, 3) Reduktionsbetrag für die geneigt gelegte Messstange von  $l$  m Länge. Die Spalte 2 kann für die praktische Anwendung nach erfolgter Berechnung der zu (1) gehörigen Beträge (3) wegbleiben.

Es würde hier zu weit führen, die verschiedenartigen Formen von Gradbögen, wozu auch das bei Markscheiderarbeiten angewandte, den abgeschnürten Strecken jeweils angehängte „Hängezeug“ gehört, einzeln zu betrachten. An-

geführt sei nur, dass die bisherigen Verbesserungen zumeist zwei Ziele anstreben, nämlich 1) die Erleichterung der Ablesung durch Verlegung der Teilung in die Höhe, 2) die Verbesserung der Ablesung im Falle windigen Wetters durch Anbringung einer Wasserwage am Senkel.

Gefäll-  
messer.  
Zweck.

d) Der **Gefällmesser** dient wie der Gradbogen zur Bestimmung des Neigungswinkels, sowie zur Reduktion geneigter Strecken auf die Horizontalebene. Überdies erfährt er aber eine ausgedehnte Verwendung zur direkten Absteckung von Linien bestimmter Neigung auf dem Feld (Tracieren von Feld- und Waldwegen). Er verlangt keine materielle Gerade, auf welcher das Instrument, ähnlich dem Gradbogen, aufzusetzen wäre, sondern lässt an die Stelle der Auflagerlinie eine Ziellinie treten.

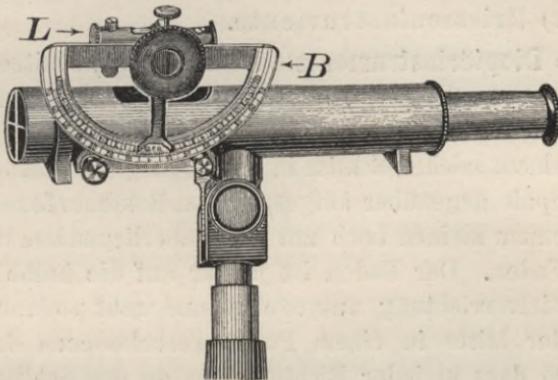
Beschrei-  
bung.

Die Zahl der Gefällmesserformen ist eine noch grössere, als diejenige der Gradbögen, und eine Schilderung auch nur der wesentlichsten von ihnen würde den hier gesteckten Rahmen überschreiten. Der ihnen gemeinsame Grundgedanke ist folgender: Mit einer Zielvorrichtung (kleines Loch mit gegenüber horizontal aufgespanntem Faden, oder auch Fernröhrchen) ist ein geteilter, während der Benützung vertikaler Kreis, oder ein Zeiger starr verbunden, der die um eine horizontale Achse ausgeführten Vertikalbewegungen der Ziellinie mitmacht. Im ersten Fall wird der Zeiger, im zweiten der Vertikalkreis selbsttätig (mittels Gewichten), oder künstlich (unter Benützung einer Wasserwage) in diejenige Lage gebracht, welche bei horizontaler Zielung die Ablesung 0 und bei beliebig geneigter Zielung die vorhandene Neigung in Gradmass, oder in Prozenten, oder auch dasjenige Mass angibt, um welches die wirkliche, geneigte Strecke (Messbandlänge) grösser ist, als ihre jeweilige Horizontalprojektion.

Ein für die Absteckung von Linien bestimmter Neigung, wie für die Neigungsermittlung bestimmter Linien gleich geeignetes Instrument ist der nachfolgend kurz beschriebene Spiegel-Gefällmesser von L. Tesdorpf in Stuttgart (s. Fig. 12—14). Mit der Zielvorrichtung ist ein beim Gebrauch vertikaler Teilkreis B fest verbunden, dessen Radius nach dem Teilungsnulldpunkt senkrecht steht auf der Ziellinie und um dessen Mittelpunkt sich ein mit einer Wasserwage verbundener Zeiger drehen lässt. Die Libellenachse ist senkrecht zum Zeiger angeordnet. Wird die Zielvorrichtung auf einen entfernten Punkt eingestellt und gleichzeitig die Wasserwage L zum Einspielen gebracht, so gibt der jetzt vertikale Zeiger auf dem Teilkreis die Neigung der Ziellinie in einem der obengenannten Masse an. Soll das Instrument freihändig, oder (was Regel ist) auf einem Stock verwendet werden, so ist es notwendig, die (für solche Benützung nur wenig empfindliche) Wasser-

wage in dem Augenblick des Anzielens zum Einspielen zu bringen. Dies wird dadurch ermöglicht, dass die eine Hälfte des Zielrohrs durch einen schief angebrachten Spiegel S ausgefüllt ist, der das Bild der Wasserwage L, welches durch eine Öffnung in der oberen

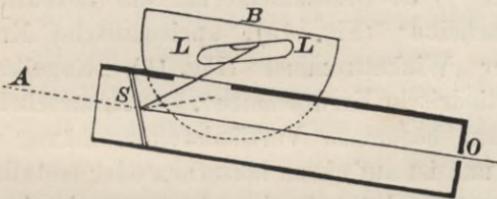
Fig. 12.



Rohrwand eintritt, gegen das beobachtende Auge 0 wirkt. Durch die andere Hälfte A des Rohrs wird der Horizontalfaden aufs Ziel eingestellt, bezw. das Ziel mittels des Horizontalfadens eingewiesen.

Fig. 13.

Fig. 14.



Die an das Instrument zu stellenden Anforderungen sind ganz analog denjenigen, welche wir beim Gradbogen kennen gelernt haben, nämlich: 1) Bei horizontaler Zielung muss sich die Ablesung 0 ergeben. Untersuchung nach erfolgter Einstellung auf 0 durch Nivellieren aus der Mitte (vergl. Richtigstellung des „Nivellierinstruments“). Verbesserung an den Korrektionschrauben der Wasserwage oder durch Verbiegung des Zeigers.

Anforderungen.

2) Zeigerdrehpunkt = Mittelpunkt des nach Intervallen und Bezifferung richtig getheilten Vertikalkreises. Untersuchung durch Ermittlung der Neigung  $\alpha$  einer bestimmten Linie, von deren Endpunkten die Höhendifferenz  $h$  und Horizontalentfernung  $d$  bekannt ist. Es muss sein  $\alpha = \text{arc tg } \frac{h}{d}$ .

Im Falle der Nichtübereinstimmung Anlegung einer Reduktionstabelle wie beim Gradbogen.

### § 3. Instrumente ohne Fernröhren zum Messen und Abstecken von Winkeln.

Die einfachen Winkelinstrumente lassen sich einteilen in

- a) Diopterinstrumente,
- b) Spiegelinstrumente,
- c) Prismeninstrumente.

Erklärung  
des  
Diopters.

a) Die **Diopterinstrumente** (Kreuzscheiben) besitzen eine oder mehrere Durchseh- (Diopter-) Vorrichtungen, je bestehend aus zwei gegenüberliegenden, ca. 0,2 mm breiten Schlitzn, oder einem solchen Schlitz in Verbindung mit einem in breitem Spalt gegenüber aufgespannten Rosshaarfaden, oder aus einem kleinen Loch mit gegenüberliegendem Schlitz oder Faden. Der Faden ist je nur auf die halbe Länge der Zielvorrichtung ausgedehnt und geht sodann in den in der Mitte in einem Punkt geschlossenen Schlitz über, so dass in jeder Richtung das an den Schlitz angelegte Auge gegenüber einen Faden vorfindet.

Fig. 15.



Träger des  
Diopters.

Die Form des Trägers dieser Zielvorrichtung (Kreuzscheibenkopfs) — hohler, metallener Kegelrumpf, oder (in der Regel achtseitiges) Prisma, oder Kugel, oder Zylinder — ist bestimmend für die Bezeichnung „Kegelkreuzscheibe“ (Fig. 15), „prismatische Kreuzscheibe“ oder „Winkeltrommel“ (Fig. 16), „Kugelkreuzscheibe“, „zylindrische Kreuzscheibe“. Der Kreuzscheibenkopf trägt zur bequemen Vertikalstellung häufig eine Dosenlibelle und ist auf einem hölzernen oder metallenen Stab (Mannesmannrohr) befestigt, der unten in eine gehärtete Spitze endigt.

Zweck und  
Einrichtung.



Fig. 16.



Zum Abstecken von Winkeln konstanter Grösse (1 Rechter, bisweilen auch  $\frac{R}{2}$ ) sollen die Zielvorrichtungen derart angeordnet sein, dass die durch sie gebildeten Ebenen den verlangten Winkel miteinander einschliessen.

Sollen die Instrumente zum Messen von Winkeln beliebiger Grösse verwendet werden, so ist bei der Kegelform (Gradscheibe) auf der Verlängerung der Grundplatte, bei der zylindrischen Form (Pantometer) (Fig. 17) auf dem Mantel des in beiden Fällen um eine vertikale Achse leicht drehbaren Kopfes eine Kreisteilung (Intervall etwa  $1^\circ$ ) angebracht, welche mit einer Ablesevorrichtung (Zeiger, Nonius) korrespondiert, die mit dem Stab fest

verbunden ist. Letztere kann ihrerseits mit einer zweiten Zielvorrichtung (Versicherungsdiopter) in Verbindung stehen, zur Feststellung etwaigen Mitschleppens des Stabes beim Drehen des Kreuzscheibenkopfes (s. Fig. 17).

Von den verschiedenen Dioptervorrichtungen ist diejenige zweier korrespondierender Schlitze die zweckmässigste (unabhängiger von Witterungseinflüssen als die Fadeneinrichtung, nicht so leicht zu beschädigen, kein Verdecken des Ziels). Als Trägerform empfiehlt sich besonders der Kegelrumpf (oben bei geringer Entfernung der gleich breiten Schlitze grosses Gesichtsfeld und daher bequemes Anzielen, unten kleines Gesichtsfeld und damit grössere Genauigkeit je nach Bedarf verwendbar; durch Abwärtsbewegung des Auges längs des Zielschlitzes Übergang vom grossen Gesichtsfeld zum kleinen allmählich, wodurch Zielung erleichtert und verfeinert; abgesehen von der Kugelform grösstmögliche Steilheit der Zielung; Schutz gegen Beschädigung durch Umfallen infolge der verlängerten Grundplatte).

### Anforderungen an die Kreuzscheibe.

- 1) Die beiden zusammengehörigen Zielvorrichtungen (Schlitze) eines Diopters müssen je in einer Ebene liegen. Anforderungen.
- 2) Die Schnittlinie beider Diopterebenen muss mit der Stabachse zusammenfallen.
- 3) Die Diopterebenen müssen sich unter dem verlangten Winkel schneiden.
- 4) Die Libelle muss bei vertikalem Stab einspielen.
- 5) Der Stab muss gerade sein.

Untersuchung zu (1). Bei beliebig (nicht notwendigerweise vertikal) gestelltem Stab muss das am Diopter auf und ab bewegte Auge ein und denselben Punkt (Blitzableiterspitze etc.) im Gesichtsfeld erblicken (Einfluss windschiefer Schlitze auf die Zielung, s. Fig. 18). Untersuchung.

Die Anforderung (2) zerfällt in die wichtigere:

- $\alpha$ ) Die Schnittlinie der Diopterebenen muss parallel sein der Stabachse, und die weniger wichtige:
- $\beta$ ) Der Parallelabstand der beiden Linien muss  $= 0$  sein.

Zu  $\alpha$ ). Bei vertikal gestelltem Stab muss der Faden eines freischwebend, nahe bei der Kreuzscheibe aufgehängten Lots ganz im Gesichtsfeld des entsprechend orientierten Instruments erscheinen.

Zu  $\beta$ ). Durch die Schlitze jedes der Diopter werden nach beiden Seiten Punkte in geringer, ungefähr gleicher Entfernung vom Instrument eingewiesen. Nach erfolgter Drehung um etwa  $2R$  und genauer Einstellung auf einen der genannten Punkte muss der zugehörige, in gerader Linie liegende wieder im Gesichtsfeld erscheinen. Etwaige Differenz entspräche dem vierfachen Fehler.

Zu (3)  $\alpha$ ) für rechtwinkligen Schnitt der Diopterebenen:

Nachdem die Kreuzscheibe in beliebigem Punkt B (Fig. 19) vertikal gestellt ist, weist man durch die beiden Diopter die Stäbe A und C ein. Dreht man alsdann die Scheibe um ihre vertikale Achse so, dass der Stab A im Gesichtsfeld des bisher nach C gerichteten Diopters erscheint (um ca. 1 R), so muss Stab C durch

Fig. 17.

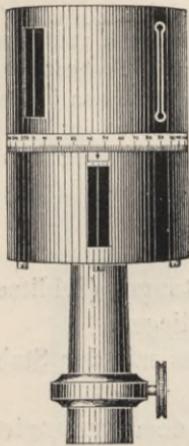
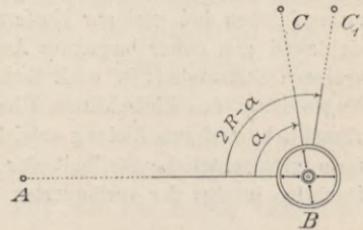


Fig. 18.



Fig. 19.



das andere Diopter sichtbar sein. Etwaige Abweichung entspricht dem doppelten Kreuzscheibenfehler. Auch beim Vorhandensein eines solchen kann man übrigens einen genauen rechten Winkel mit dem Instrument abstecken. Man hat zu diesem Zweck die Absteckung nur bei um 1 R gedrehter Kreuzscheibe zu wiederholen und die Entfernung der beiden eingewiesenen Punkte zu halbieren.

$\beta$ ) Für  $45^\circ$  Schnitt der Diopterebenen.

Von jedem der beiden Schenkel des (wie oben angegeben) abgesteckten rechten Winkels trägt man nach innen den zu prüfenden Winkel von  $\frac{R}{2}$  ab durch Einweisen eines Punktes nach erfolgter Orientierung der Kreuzscheibe. Die etwaige Abweichung beider Richtungen ist gleich dem doppelten Fehler des Schnittwinkels.

Zu (4). Mit Hilfe eines Senkels oder einer Dosenlibelle (s. Fig. 10 b) stellt man den Kreuzscheibenstab vertikal. Spielt die Wasserwaage ein, so wird umgekehrt künftig auch bei einspielender Libelle der Stab vertikal stehen.

Zu (5). Bei rascher Drehung des Stabs um seine Längsachse zeigt sich etwaige Krümmung desselben durch leicht wahrnehmbare Schwankungen in horizontalem Sinn.

Die Wichtigkeit der oben aufgezählten Anforderungen für die Anwendung ist verschieden und nimmt ab in der Reihenfolge der vorstehenden Aufzählung.

Verbesserungen an der Kreuzscheibe sind durch den Mechaniker auszuführen.

### b) Spiegelinstrumente.

Die Anwendung der Spiegelinstrumente in der Geodäsie be-

ruht auf dem optischen Reflexionsgesetz, wonach ein Lichtstrahl von einer spiegelnden Fläche in der Ebene des Einfallslotes unter demselben Winkel zurückgeworfen wird, unter dem er auftritt.

Kommt ein einziger Spiegel zur Verwendung, so steht er in Verbindung mit einer Dioptrvorrichtung und schliesst mit der hierdurch gebildeten Ziellinie einen bestimmten Winkel  $\frac{R}{2}, \frac{3}{4}R$

Einrichtung  
einspiege-  
liger Instru-  
mente.

(s. Fig. 20) ein. Um den Winkel  $R, \frac{R}{2}$  etc. abzustecken, hat man dann nur im gegebenen Scheitel sich aufzustellen, die Zielvorrichtung

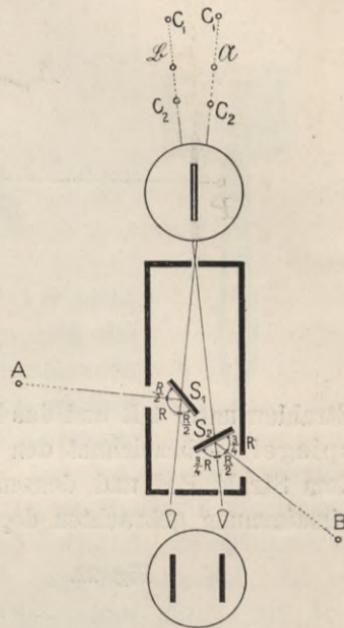
Anwendung.

nach dem festen Winkelschenkel  $C_2C_1$  zu richten und einen Stab A oder B so einzuweisen, dass dessen Spiegelbild  $\mathfrak{A}$  bzw.  $\mathfrak{B}$  in die Richtung des genannten über den Spiegel  $S_1$  oder  $S_2$  hinweg direkt gesehenen festen Schenkels fällt.

Besser ist es (vergl. S. 46) die Röhre nach dem abzusteckenden Punkt zu richten und das Spiegelbild des festen Winkelschenkels zu benützen.

Ist der Winkelscheitel gesucht, dagegen der feste und ein Punkt des freien Schenkels gegeben, so bewegt man sich auf dem ersteren so lange fort, bis das Spiegelbild jenes Punktes in die Richtung des festen Schenkels, oder das Spiegelbild des festen Schenkels in die Richtung nach jenem Punkt fällt (vergl. über letztere Unterscheidung S. 46).

Fig. 20.



Zweispiege-  
lige Instru-  
mente.

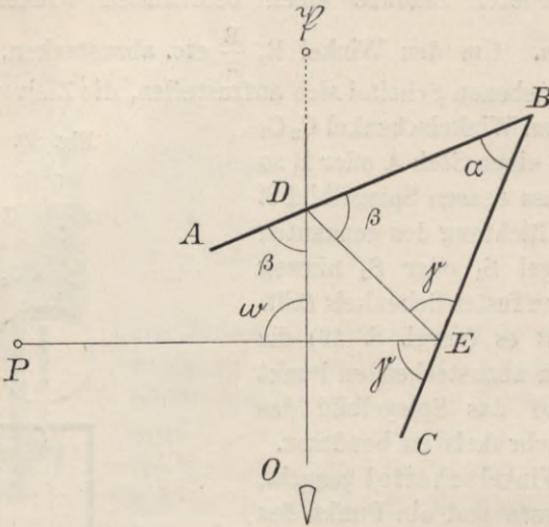
Häufiger kommen zwei Spiegel zur Anwendung, die einen konstanten, oder einen veränderlichen Winkel miteinander einschliessen und welche die von den Zielpunkten ausgehenden Lichtstrahlen reflektieren. Stellt ABC in Fig. 21 einen Schnitt  $\perp$  zu den Spiegelebenen vor, so wird ein von P kommender Lichtstrahl in E nach D und in D nach O zurückgeworfen, so dass ein in O befindliches Auge das Spiegelbild  $\mathfrak{P}$  von P in der Richtung OD und in der Entfernung  $D\mathfrak{P} = (EP + ED)$  erblickt. Die beiden in Betracht kommenden Strahlen PE und  $\mathfrak{P}DO$  bilden miteinander den Winkel

Weg des  
Licht-  
strahls.

$$\begin{aligned} \omega &= 2R - 2\beta + 2R - 2\gamma \\ &= 4R - 2(\beta + \gamma) \\ &= 4R - 2(2R - \alpha) \\ &= 2\alpha \end{aligned}$$

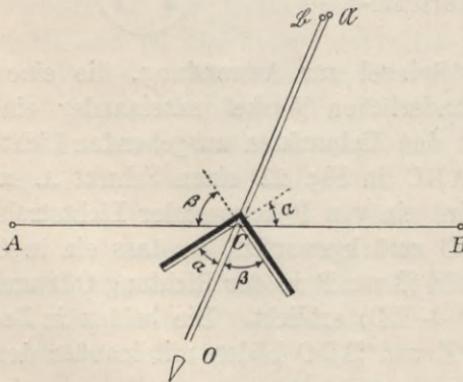
d. h.  $\omega$  ist = dem doppelten Winkel der beiden Spiegel.  
 Werden daher die beiden Spiegel unter einem Winkel  $\alpha = \frac{R}{2}$   
 gegeneinander angeordnet, so schneiden sich die beiden genannten

Fig. 21.



Strahlen unter  $1 R$  und das Instrument — der gewöhnliche Winkel-  
 spiegel — bezeichnet den Scheitel eines rechten Winkels zwischen  
 dem Strahl PE und dessen mit einem Winkelschenkel zur Über-  
 einstimmung gebrachten doppelt reflektierten Strahl  $\mathfrak{P}DO$ .

Fig. 22.



Ist der eine der beiden Spiegel  
 um eine Achse drehbar, die  
 im Mittelpunkt einer Kreisteilung  
 senkrecht steht auf deren Ebene,  
 während der andere, ebenfalls zur  
 Teilkreisebene senkrechte Spiegel  
 mit dem 0 Radius parallel geht,  
 — Sextant — so kann durch  
 entsprechende Drehung des be-  
 weghichen Spiegels das Spiegelbild  
 des rechten Schenkels eines belie-  
 bigen Winkels  $\omega$  in die Richtung  
 des Winkelschenkels links gebracht  
 werden. Der auf dem Teilkreis  
 abgelesene Winkel  $\alpha$  zwischen den  
 beiden Spiegeln ist nach obiger

Untersuchung alsdann  $= \frac{\omega}{2}$ . Der Bequemlichkeit wegen beziffert man den  
 Teilkreis dann nicht nach dem Spiegelwinkel  $\alpha$ , sondern entsprechend dem  
 Strahlenwinkel mit  $2 \alpha$ .

Für die Bestimmung eines Punktes in der Geraden zwischen zwei gegebenen Punkten (Absteckung eines Winkels von 2 R) ist der Winkel zwischen den beiden übereinander angeordneten Spiegeln = 1 R (Spiegelkreuz). Hier wird aber im Gegensatz zum gewöhnlichen Winkelspiegel und zum Sextanten kein doppelt reflektierter Lichtstrahl benützt. Sobald der Spiegelscheitel C in die Gerade AB gebracht ist (s. Fig. 22), erzeugt der eine Spiegel von dem Punkte A ein Bild  $\mathfrak{A}$ , der andere von Punkt B ein Bild  $\mathfrak{B}$ . Beide Bilder erscheinen in derselben Richtung, „sie decken sich“.

Zur Verbindung der Spiegel dient ein Gehäuse (s. Fig. 23 und 24), mit welchem der eine Spiegel fest, der andere (AB) durch Schrauben (Zug- und Druckschraube, Schraube in Verbindung mit gegenwirkender Feder) so verbunden ist, dass kleine Änderungen

Einrichtung.

Fig. 23.

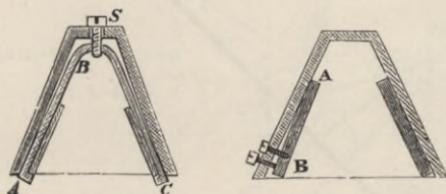


Fig. 24.



des Spiegelwinkels möglich sind, sich aber nicht selbsttätig vollziehen können. Zuweilen sind die Spiegel auch auf einem federnden, durch die Schraube S festgehaltenen Stahlband ABC befestigt, welches sich mit den vorderen Enden gegen die Seitenwände des Gehäuses presst. Über den Spiegeln befinden sich fensterartige Öffnungen. In den Boden des Gehäuses ist ein Handgriff mit Haken eingeschraubt, an welchem man ein Senkel befestigt. Zweckmässiger ist der Abschluss des Handgriffs durch eine Metallkugel, welche in die abwärts sich verengernde Bohrung eines unten mit Blei ausgegossenen Stabs eingedrückt wird.

Anwendung, Prüfung und Korrektion des Winkelspiegels siehe S. 45 ff.

c) **Prismeninstrumente.** Die Anwendung der Prismeninstrumente in der Geodäsie beruht auf dem Gesetz von der Brechung des Lichtstrahls beim Übergang von einem Mittel in ein anderes von veränderter Dichtigkeit. Sind  $\alpha$  und  $\beta$  (s. Fig. 25 u. 26) die Winkel zwischen Einfallslot und Lichtstrahl, so ist  $\sin \alpha = \mu \sin \beta$ , wo  $\mu$  der vom Dichtigkeitsverhältnis der Materien abhängende Brechungskoeffizient ist, der für den Übertritt von Luft in Glas durchschnittlich = 1,5 wird.

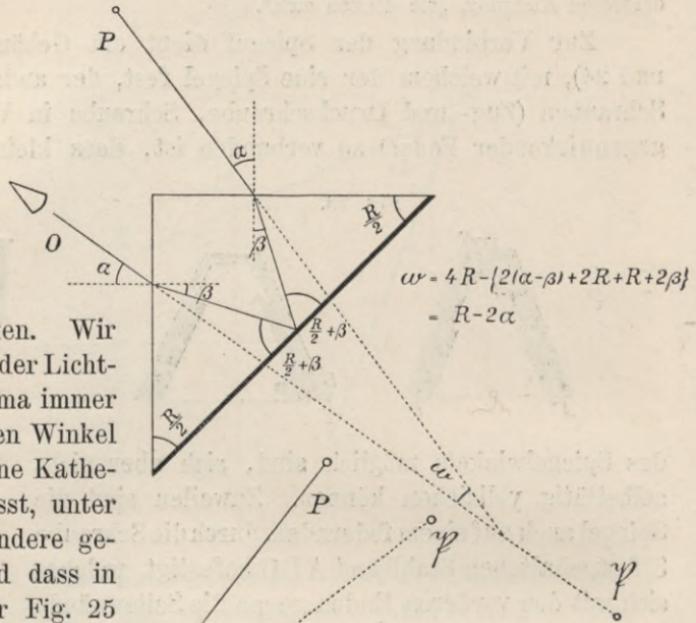
Lichtbrechungsgesetz.

Tritt ein in einer Ebene senkrecht zur Prismenkante liegender Lichtstrahl in ein dreiseitiges Prisma aus Glas von gleichschenkligen

Weg des Lichtstrahls im Prisma.

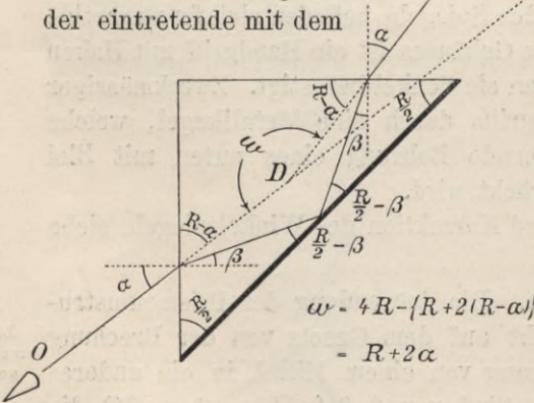
rechtwinkligem Querschnitt, dessen Hypotenusenfläche als Spiegelfläche wirkt, so kann er im Prisma, je nach dem Ort seines Eintritts, die in Fig. 25 und 26 angegebenen Wege machen. Das in O befindliche Auge wird daher in der Richtung Oß das Spiegelbild

Fig. 25.



von P erblicken. Wir erkennen, dass der Lichtstrahl das Prisma immer unter demselben Winkel  $\alpha$  gegen die eine Kathetenfläche verlässt, unter dem er die andere getroffen hat und dass in den Fällen der Fig. 25 der eintretende mit dem

austretenden Strahl den Winkel  $\omega = R + 2\alpha$  einschliesst, je nachdem der  $\sphericalangle \alpha$  vom Einfallslot aus der rechtwinkligen Kante abzu-  
gekehrt ist. Da jede kleine Drehung des Instruments den  $\sphericalangle \alpha$  und damit den  $\sphericalangle \omega$  ändert, so wird das Spiegelbild  $\beta$  von P je nach der Haltung des Prismas seine



Lage ändern — es wird einen beweglichen Strahl ins Auge senden. Dieser bewegliche Strahl findet beim einfachen Winkelprisma in der Geodäsie keine Verwendung.

Im dritten Fall, in welchem an einer Kathetenfläche totale Reflexion deshalb eintritt, weil der Winkel  $\beta$  zwischen ihr und dem Strahl unter den Grenzwert für die Austrittsmöglichkeit herabsinkt

(s. Fig. 26), fällt  $\alpha$  bei der Ableitung von  $\omega$  heraus, d. h.  $\omega$  ist (unabhängig von etwaiger Instrumentendrehung) =  $R$ , der vom Gegenstand P ausgehende und der von dem gleichweit entfernten Spiegelbild  $\mathfrak{P}$  ins Auge gelangende feste Lichtstrahl stehen  $\perp$  aufeinander. Dieser feste Strahl kommt beim einfachen Prisma in der Geodäsie allein zur Anwendung.

Fig. 26.

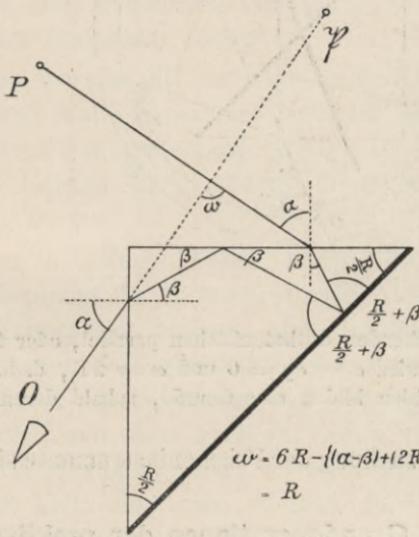


Fig. 27.



Zum Schutz des Glaskörpers gegen Beschädigung und zum Zweck seiner Verbindung mit einem Senkel oder Stab ist das Instrument in ein Metallgehäuse, welches die Deckflächen und die Hypotenusenfläche umfasst, eingeschlossen, das nach unten, wie beim Winkelspiegel, in einen Haken, eine Öse, eine Schraube oder eine Metallkugel endigt, s. Fig. 27.

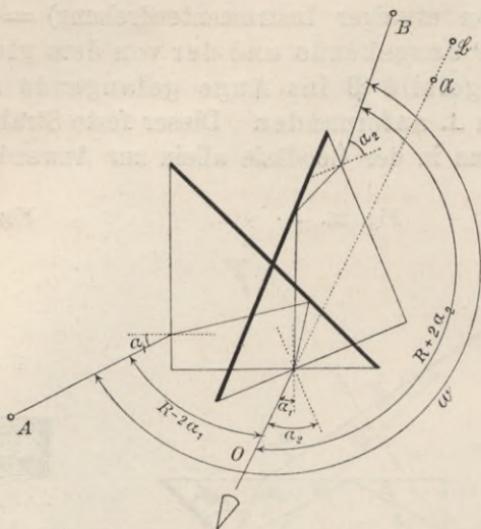
Einrichtung.

Zum Messen bzw. Abstecken von Winkeln beliebiger Grösse verwendet man eine Verbindung zweier Glasprismen, die übereinander so angeordnet sind, dass ihre Seitenkanten parallel gehen. (Prismentrommel.)

Die von zwei Punkten A und B (s. Fig. 28) ausgehenden Lichtstrahlen, von denen einer ins obere, der andere ins untere Prisma eintritt und deren bewegliche Bilder in identischer Richtung  $\mathfrak{P}\mathfrak{Q}\mathfrak{O}$  ins Auge gelangen, schliessen nach dem Vorhergehenden mit der letzteren die Winkel  $R - 2\alpha_1$  bzw.  $R + 2\alpha_2$ , d. h. unter sich den Winkel  $\omega = 2R - 2(\alpha_1 - \alpha_2)$  ein. Der Winkel  $(\alpha_1 - \alpha_2)$  ist gleich dem Winkel zwischen beiden Einfallsloten an den übereinanderliegenden Kathetenflächen, d. h. gleich dem Winkel der letzteren selbst.

Ist also das obere Prisma um eine zu den Kanten parallele Achse drehbar, so kann man durch entsprechende Drehung desselben einen beliebigen Winkel  $\omega$  zwischen zwei Strahlen messen, indem man dafür sorgt, dass die von den beweglichen Strahlen erzeugten Bilder  $\mathfrak{Q}$  und  $\mathfrak{P}$  sich decken.

Fig. 28.



Laufen die zwei entsprechenden Kathetenflächen parallel, oder fallen sie zusammen (Prismenkreuz), so wird  $\alpha_1 - \alpha_2 = 0$  und  $\omega = 2R$ , d. h. die von beiden Seiten eintretenden Strahlen bilden eine Gerade, sobald deren Spiegelbilder sich decken.

Anwendung und Untersuchung der Prismeninstrumente siehe § 4.

#### § 4. Ausführung der Grundoperationen der praktischen Geometrie.

1) **Aufstecken von Punkten.** Wir verstehen darunter die vertikale Aufpflanzung eines Stabs etc. in dem durch einen Pflock, eine Röhre oder einen Markstein bezeichneten Punkt.

Zur Vertikalstellung dient — wenn die näherungsweise Richtigstellung nach dem Auge nicht genügt — ein in einiger Entfernung aufgehaltener Senkel, längs dessen freischwebendem Faden man das Auge bewegt, um zu untersuchen, ob er dem Stab auf seine ganze Ausdehnung parallel verläuft. Diese Untersuchung hat nach zwei senkrecht zueinander stehenden Richtungen zu geschehen. Zweckmässig ist auch die Verwendung eines mit Dosenlibelle verbundenen Winkeleisens, das an den Stab angelegt wird (s. Fig. 10 b).

Kann der betreffende Punkt nicht direkt aufgesteckt werden (Markstein etc.), so verwendet man einen Dreifuss, dessen Platte Raum bietet für den durchzusteckenden Stab, oder man befestigt den letzteren mittels Streben an einigen in der Nähe in den Boden eingetriebenen Pflocken. Kann man einen Stab nahe beim aufzusteckenden Punkt genügend fest in den Boden schief einstecken, so dass er den an richtiger Stelle vertikal gehaltenen Stab berührt, so kann man letzteren am schiefen Stab mittels einer Schnur, oder

noch besser mittels eines (oben S. 5 beschriebenen) Doppelrings befestigen. Ist der aufzusteckende Punkt jeweils nur von einer bestimmten Richtung her anzuzielen, so kann man den Stab auch vor oder hinter dem Markstein in der genannten Richtung in die Erde stecken. Nur darf dann nicht versäumt werden, die Aufsteckung zu verändern, sobald die Zielrichtung sich ändert.

2) **Abstecken von Geraden** („Einrichten“ oder „Einweisen“ zwischen zwei gegebenen Punkten, „Verlängern“ über einen der gegebenen Endpunkte hinaus).

Eine Gerade gilt als abgesteckt, wenn von ihr so viele Punkte an Ort und Stelle bezeichnet sind, als den vorhandenen Umständen nach (Zweck der Absteckung, Witterung, Geländeform, Individualität des die Gerade Benützens) nötig erscheint. Punktentfernung 10 m bis 60 m.

Zahl der Punkte.

Nur in seltenen Fällen, namentlich bei kurzen Linien erfolgt die Bestimmung der Geraden durch „Abschnüren“, sonst aber meist durch Zielung mit freiem, oder bewaffnetem Auge. Der Gehilfe, welcher einen Stab vertikal in der Hand hält, wird dabei durch Hand- bzw. Armbewegung (mit dem linken Arm, wenn der Stab nach links, mit dem rechten, wenn er nach rechts verschoben werden soll; rasch, wenn es sich um einen grossen, langsam, wenn es sich um einen kleinen Rückungsbetrag handelt; mit gesenktem Arm, wenn der Stab im ganzen, mit erhobenem Arm, wenn er nur oben — senkrecht stellen! — zu verstecken ist. Das Signal „Feststecken“ wird durch Vertikalbewegung eines Arms, das Zeichen „Fertig“ durch gleichzeitige Vertikalbewegung beider Arme gegeben), oder (bei geringer Entfernung) durch Zuruf darüber verständigt, an welcher Stelle er denselben einzustecken hat, damit, vom Anfangspunkt der Linie aus beobachtet, der Endpunkt (Stab) durch ihn verdeckt erscheint. Hierdurch ist aber noch keine Gewähr gegeben für den wirklich genauen Stand des eingewiesenen Stabs in der Geraden. Man muss sich vielmehr vergewissern, ob die Bewegungen des Auges nach links und rechts gleich gross sind, welche am Anfangspunkt gemacht werden müssen, um den jetzt verdeckten hinteren Stab zu erblicken. Der Einweisende stellt sich niemals direkt am Anfangspunkt, sondern immer einige Schritte hinter dem betreffenden Stab auf, auch wählt er die Zielrichtung derart, dass er Sonne und Wind möglichst im Rücken hat.

Ausführung des Einrichtens.

Die Art des Hintergrunds ist für die deutliche Sichtbarkeit des Endstabs, also für die Genauigkeit der abgesteckten Geraden von grosser Bedeutung. Häufig ist eine bessere Sichtbarkeit desselben zu erzielen, wenn sich ein Messgehilfe aufrecht mit geschlossenen Beinen genau hinter dem Endstab aufstellt.

Ist die abzusteckende Linie kürzer als 200 m, so wird von „ausser herein“, d. h. zunächst der entfernteste, dann der zweite, nach ihm der dritte u. s. f. immer weniger entfernte Punkt abgesteckt, ist sie länger, oder die Witterung ungünstig, so ist es besser, zuerst den zunächstgelegenen Punkt abzustecken, und hernach durch Aufstellung des Einweisenden hinter diesem den zweiten u. s. w.

Verlänge-  
rung.

Wird die Fortsetzung der Geraden AB über einen der gegebenen Punkte, z. B. über A hinaus verlangt, „Verlängerung“, so wird zuerst der äusserste Punkt der verlangten Richtung so gesteckt, dass von ihm aus der zunächst gelegene A der gegebenen Stäbe als genau „eingewiesen“ erscheint. Alsdann wird die nötige Zahl von Zwischenpunkten nach dem Einweiseverfahren bestimmt.

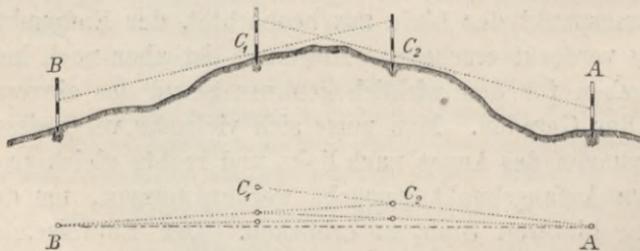
Beim Verlängern einer Geraden ist zu beachten, dass jede Unrichtigkeit in der Aufsteckung eines der beiden gegebenen Punkte sich um so schädlicher äussert, je kürzer deren Entfernung und je grösser das zu verlängernde Stück ist.

Gelände-  
schwierig-  
keiten.

Befindet sich zwischen beiden Endpunkten der Linie ein Tal, so wird zunächst der tiefste Punkt in die Gerade eingewiesen. Zu diesem Zwecke lässt man das Auge längs des im vorliegenden Fall besonders genau senkrecht zu stellenden Stabes oder, noch besser, längs des Fadens eines über dem Anfangspunkt aufgehängten Senkels in der Richtung nach dem jenseitigen Endpunkt abgleiten, die durch beide gebildete Vertikalebene nach unten verlängernd. In diese verlängerte Vertikalebene wird der tiefste Punkt eingewiesen. Jetzt erfolgt von ihm aus das Einrichten an beiden Talhängen nach den soeben kennen gelernten Methoden. Zur Probe müssen die zwei, dem tiefsten Punkt zu beiden Seiten benachbarten Punkte mit ihm in einer Geraden liegen.

Sind die beiden Endpunkte unzugänglich, oder verwehren Geländeerhebungen die direkte Absteckung, so kann man durch

Fig. 29.

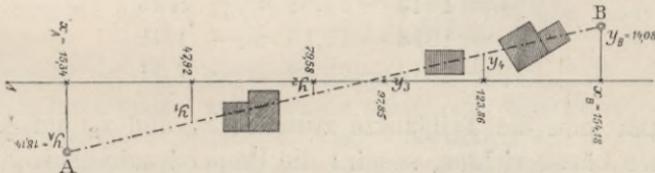


„gegenseitiges Einweisen“ oder „Einrücken“ zum Ziel gelangen, sobald sich zwei Punkte finden lassen, von deren jedem aus man über den andern weg einen Endpunkt der Strecke sehen kann. Man wählt sich zu diesem Zweck einen Punkt  $C_1$ , möglichst entfernt von A, und einen zweiten  $C_2$ , möglichst entfernt von B (s. Fig. 29), so dass die Punkte in der Reihenfolge,  $A C_2 C_1 B$

aufeinander folgen. Nun weist man von  $C_1$  aus den Stab  $C_2$  in der Richtung nach A, von  $C_2$  aus den Stab  $C_1$  in der Richtung nach B ein und fährt damit abwechselnd solange fort, bis  $C_1 C_2 A$  und  $C_2 C_1 B$  als Gerade erscheinen. Man hat damit nichts anderes getan, als die Strecke  $C_1 C_2$  nach beiden Seiten bis A, bzw. B, verlängert. Für die Genauigkeit der Linie gilt daher das beim Verlängern Gesagte.

Dass, und wie die Zahl der vergeblichen Rückungsversuche durch einfache Überlegung reduziert werden kann, braucht wohl nicht besonders erklärt zu werden. Dieses Verfahren setzt die Verfügung über einen Gehilfen voraus. Man kann aber auch ohne einen solchen zum Ziel gelangen durch Verwendung der Kreuzscheibe, des Spiegelkreuzes oder des Prismenkreuzes (s. S. 44/45, 23 und 47) in einem Punkt, wenn von ihm aus beide Linienendpunkte sichtbar sind, in mehreren, wenn ein solcher Punkt sich nicht finden lässt.

Fig. 30.



Stehen bauliche-, oder Kulturhindernisse (Bäume etc.) der direkten Absteckung im Weg, so wählt man eine beliebige andere Gerade, möglichst nahe und gleich gerichtet der abzusteckenden Linie AB (Fig. 30). Man fällt sodann mittels eines der kennen-gelernten Instrumente Lote von ihr nach den gegebenen Endpunkten A und B und misst sowohl deren Länge  $y_A$  und  $y_B$ , als auch den Abstand  $x_A$  und  $x_B$  ihrer Fusspunkte von einem beliebigen Punkt der abgesteckten Geraden. Es ergibt sich dann durch einfache Rechnung die Länge der Lote  $y_1, y_2 \dots$  bis zur gesuchten Geraden, welche man senkrecht zur abgesteckten Linie von denjenigen Punkten aus abmessen muss, die man gelegentlich des Durchmessens gesteckt hat.

Bauliche  
Hinder-  
nisse.

Legt man nämlich den in der Vorwärtsrichtung und rechts von der abgesteckten Linie verlaufenden Strecken das Vorzeichen +, den übrigen das Vorzeichen — bei, so ergibt sich ohne Rücksicht auf die Lage der Figur aus ihr die Proportion (man denke sich zu deren Gewinnung durch A eine Parallele zur x-Achse gezogen bis zum Schnitt mit der verlängerten Ordinate von B)

$$(y_B - y_A) : (x_B - x_A) = (y_1 - y_A) : (x_1 - x_A), \text{ woraus}$$

$$y_1 - y_A = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} (x_1 - x_A) \text{ oder } y_1 = y_A + (x_1 - x_A) \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$y_2 = y_A + (x_2 - x_A) \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

$$\vdots$$

Beispiel:  $y_B - y_A = -14,08 - 18,14 = -32,22$  | 1.50813 n  
 (zu Fig.30.)  $x_B - x_A = 154,18 - 15,34 = 138,84$  | 2.14251

$x_A = 15,34$	$\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$	9.36562 n
$x_1 = 47,92$	$x_1 - x_A = + 32,58$	1.51295
$x_2 = 79,58$	$x_2 - x_A = + 64,24$	1.80781
$x_3 = 97,85$	$x_3 - x_A = + 82,51$	1.91651
$x_4 = 123,86$	$x_4 - x_A = + 108,52$	2.03551

$(x - x_A) \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$	$- 7,56$	0.87857 n
	$- 14,91$	1.17343 n
	$- 19,15$	1.28213 n
	$- 25,18$	1.40113 n

$$y_1 = 1814 - 7,56 = + 10,58$$

$$y_2 = 1814 - 14,91 = + 3,23$$

$$y_3 = 1814 - 19,15 = - 1,01$$

$$y_4 = 1814 - 25,18 = - 7,04$$

Kann man die Teilpunkte zwischen  $x_A$  und  $x_B$  auf  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  etc. der ganzen Länge richten, so wird die Proportionalrechnung wesentlich vereinfacht; ist es möglich, die Hilfsgerade parallel der abzusteckenden Geraden zu legen, so fällt jede Rechnung weg, sämtliche  $y$  sind gleich gross. (Über Abstecken von Parallelen s. S. 40—42.)

Ist die abzusteckende Gerade  $AB$  sehr lang, oder gelingt es aus anderen Gründen nicht, eine Hilfsgerade auf ihre ganze Ausdehnung zu legen (Tunnelabsteckung, Abteilungsgrenzen in Wäldern), so ist man genötigt, eine Verbindung von Strecken, deren Längen und Brechungswinkel gemessen werden (Polygonzug), oder eine Kette von Dreiecken zu benutzen, deren Eckpunkte durch Winkel- bzw. Streckenmessung in gegenseitige Verbindung gebracht werden. Die Berechnung der Absteckungsgrößen aus den genannten Elementen fällt jedoch ausserhalb des dem vorliegenden Buch gesteckten Rahmens.

Vermessungshorizont.

3) **Messen von Strecken.** In allen Fällen, in denen es sich um die Ermittlung der Horizontalprojektion irgendwie begrenzter Gebiete handelt, ist natürlich nicht die tatsächliche Länge einer Strecke, sondern diejenige ihrer Horizontalprojektion gesucht.

Bei genauen Aufnahmen ausgedehnter Gebiete mit grossen Höhenunterschieden kommt dabei die Wahl des „Vermessungshorizontes“, d. h. die Höhe der zur Meeresoberfläche konzentrischen Kugel in Betracht. Die Entfernung  $D$  zweier um den Betrag  $h$  verschieden hoch gelegener Punkte unterscheidet sich um  $d = \frac{h}{r} \cdot D$ , je nachdem man den Vermessungshorizont durch den oberen, oder den unteren Punkt gehen lässt, wobei  $r$  den Erdradius bezeichnet. Bei 1 km Entfernung und 300 m Höhenunterschied beträgt dieser Längenunterschied z. B.  $d = 0,05$  m.

Der Messung hat die Prüfung der Messwerkzeuge auf ihre richtige Länge voranzugehen, s. § 1.

a) Messung mit Messstangen.

a) In horizontalem Gelände. Es werden zwei Messstangen verwendet, von denen abwechslungsweise immer eine auf dem Boden liegen bleibt, bis die nächste am vorderen Ende der ersteren angelegt ist. Man beginnt konsequent immer mit einer und derselben Stange und zwar damit, dass man am hinteren Ende anfassend, durch Wippen zunächst deren vorderes Ende in die Gerade bringt. Alsdann erst wird das hintere Stangenende mit dem Anfangspunkt der Strecke zur Übereinstimmung gebracht. Die zweite Messstange wird, nachdem ihr vorderes Ende auf gleiche Weise in die Gerade gebracht worden ist, mit ihrem hinteren Ende am vorderen Ende der liegenden Messstange (1) angelegt. Nun wird Messstange (1) aufgenommen, an (2) angelegt und so fort bis zum Endpunkt der Strecke.

Messungs-  
verfahren.

Wichtig ist, dass durch das Anlegen der Messstangen keine fremden Körper (Steine u. dergl.), auf denen die Stange ruht, aufgekantet werden, weil diese leicht infolge nachträglicher äusserer Einwirkung sich bewegen und die auf ihnen ruhende Stange verschieben könnten. Das Anlegen erfolgt daher durch Einstreifen des betreffenden Stangenendes von oben herab, unter gleichzeitiger Beseitigung solcher Körper durch Drehen der Stange um ihre Längsachse (niemals in der Längsrichtung ziehen oder schieben!).

Beim Aufnehmen der hinteren Messstange, welches vorsichtig geschehen muss, wird das niederste Mass, das auf der liegenden Messstange abgelesen werden kann, laut gezählt.

Zur Bedienung der Stangen ist in horizontalem Gelände immer nur ein einziger Messgehilfe erforderlich, welcher die aufzuhebende Stange an ihrem vorderen Ende anfasst und während des Vorgehens bis zum vorderen Ende der liegenden Stange in der Hand bis zur Mitte gleiten lässt. An letzterem Punkt angelangt, wirft der Gehilfe durch kurze schleudernde Bewegung das vordere Stangenende in die Gerade vor, während er das hintere zum Zweck des Anlegens in der Hand behält. Abgesehen von der Messung längs einer Mauer etc., an welche die Stange angepresst wird, wobei zwei Mann die Festhaltung der Stangen, ein dritter das Anlegen besorgt, darf niemals eine Stange während des Anlegens in der Mitte angefasst werden.

Das Schlussstück auf der zuletzt angelegten Messstange gibt, zur zuletzt gerufenen Zahl addiert, die ganze Streckenlänge.

Ist die Zahl der Längeneinheiten pro Messstange ungerade (3 m, 5 m), so ergeben sich beim Aufheben der Messstange (1) (Unterscheidung durch verschiedenfarbigen Anstrich) immer ungerade Zahlen, beim Aufheben von (2) lauter gerade Zahlen, wodurch man einen gewissen Schutz gegen Zählfehler gewinnt.

Zerfällt eine Strecke in verschiedene Abschnitte (Abszissen), so werden diese zweckmässigerweise nicht abgesetzt, sondern es

wird die ganze geradlinige Erstreckung durchlaufend gemessen und an den Zwischenpunkten jeweils nur abgelesen.

Nachträgliche Einschaltung von Punkten.

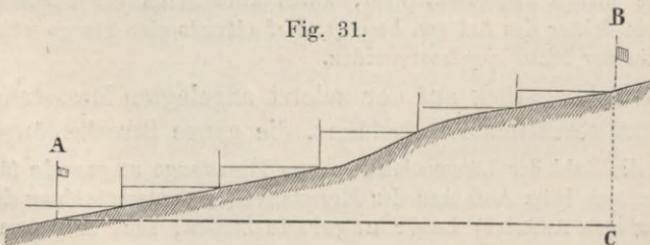
Häufig kommt es vor, dass nachträglich noch weitere Punkte in die durchlaufend ausgeführte Messung einzuschalten sind. Beschränkt sich dies auf einen einzigen Punkt, so kann man seine Entfernung von je einem vorwärts und einem rückwärts gelegenen, bereits abgelesenen Punkt ermitteln und durch Addition bezw. Subtraktion das ihm zugehörige Mass mit Probe rechnen. Ist die Zahl der einzuschaltenden Punkte grösser, so zieht man zum Schutz gegen Rechnungs- etc. Fehler vor, an einem früher abgelesenen, in der Nähe befindlichen Punkt das ursprünglich abgelesene Mass wieder anzulegen (die ursprüngliche Stangenlage herzustellen), und alsdann weiter messend die fraglichen Ablesungen nachzuholen. Niemals darf dann jedoch versäumt werden, an einem weiteren, gleichfalls in der ersten Messung enthaltenen, am Ende der einzuschaltenden Punktgruppe gelegenen Punkt die Richtigkeit der Stangenlage zu prüfen.

Die Wiederholung der ganzen Messung vom Anfangspunkt aus wäre nicht bloss zeitraubender, sondern, infolge der unvermeidlichen, eventuell in verschiedener Richtung wirkenden kleinen Messungsfehler, auch ungenauer. Die Einschaltung kann in der ursprünglichen Messungsrichtung, oder ihr entgegengesetzt erfolgen. Im ersten Fall ist natürlich aufwärts wie bei der Urmessung, im zweiten Fall abwärts laut zu zählen und zwar in beiden Fällen immer das kleinstmögliche Mass, das auf der jeweils liegenden Stange abgelesen werden kann.

Ist eine Folge von Messstangen wesentlich und allmählich aus der zu messenden Geraden gekommen, so ist die Fehlerwirkung auch bei verhältnismässig erheblicher Ausbeugung unbedeutend, wenn die Rückkehr in diese Gerade nicht plötzlich, sondern ganz allmählich geschieht.

β) In geneigtem oder unebenem Gelände. Unsere Aufgabe besteht, wie wir festgestellt haben, in der Ermittlung der Horizontalprojektion der Strecke AB.

Fig. 31.



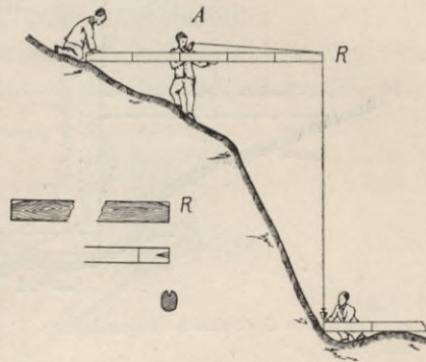
Staffelmessen.

Diese wird erhalten (1) durch „Staffelmessen“ (s. Fig. 31), bei welchem jede Messstange horizontal derart gelegt wird, dass sie in einem Punkt auf dem Boden aufruhet. Mittels Senkels sorgt

man dafür, dass das hintere Ende der anzulegenden Stange genau vertikal über oder unter dem vordern Ende der andern sich befindet. Da das Auge nicht gleichzeitig an zwei Punkten (oben und unten) die Übereinstimmung von Stangenende und Senkel prüfen kann, wird die Senkelschnur mit dem Zeigefinger der rechten Hand gegen das höher liegende Stangenende gepresst, und die ganze Aufmerksamkeit auf die Übereinstimmung des unteren Stangenendes mit der Senkelspitze gerichtet. Die horizontale Lage wird mittels Gradbogens, einer Libelle oder auch bloss nach dem Augennass hergestellt. Um das „Einschlagen“ der nur in einem Punkt auf dem Boden aufliegenden, meist nicht völlig geraden Latte zu verhindern, ist deren Bogen nach oben zu richten, was dann erreicht ist, wenn der grösste Kraftaufwand gegen selbsttätige Drehung der Stange in vertikalem Sinn nötig ist.

Bei sehr stark geneigtem Gelände fällt das Absenkeln wegen der grossen Höhe des einen Stangenendes über dem Boden schwer. Es werden in solchem Fall vielfach Teile der Stange (2, 3, 4 m) abgesenkelt. Dieses Verfahren ist unzweckmässig, weil die Unterabteilungen häufig nicht genügend genau bezeichnet sind, überdies die Fehlerfortpflanzung eine ungünstige und die Gelegenheit zu Zählfehlern leicht gegeben ist. Besser ist es, grundsätzlich nur ganze Stangenlängen zu benützen und zu diesem Zweck eine Rille R entlang einer oberen Mantellinie jedes der beiden Zwingenenden einzufeilen, in welcher der, nötigenfalls hinten bei A (s. Fig. 32) gehaltene, Senkelfaden läuft, wenn es unmöglich ist, zu dem betreffenden Stangenende zu gelangen. Das indirekte Abloten durch Seitwärtsaufstellen des Beobachters und Zielen entlang der Senkelschnur ist ungenau.

Fig. 32.



Die Frage, ob bergauf oder bergab gemessen werden soll, ist eine teils technische, teils wirtschaftliche.

Die besten Resultate liefern das

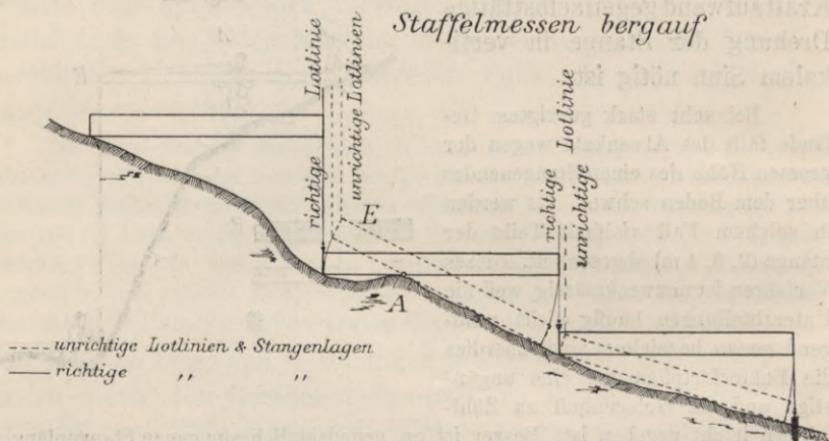
- |   |                     |     |
|---|---------------------|-----|
| } | Bergabmessen mit 4  | Ge- |
|   | Bergaufmessen mit 3 |     |

hilfen (an jedem Stangenende ein Gehilfe). Ersteres erfordert einen Gehilfen mehr, als das letztere, zum Anlegen und Festhalten des hinteren Endes der vorderen Messstange, der beim Bergaufmessen dadurch erspart werden kann, dass der absenkeln- de Gehilfe das vordere Ende der hinteren Messstange nebenbei mit dem Fuss auf dem Boden festhält. Er hat aber in diesem Fall nach erfolgtem

Messungs-  
richtung  
bergauf-  
bergab ?

Anlegen der Stange am Senkelfaden bzw. während des Festtretens von deren vorderem Ende durch den dritten Mann jedesmal zu kontrollieren, ob hierbei nicht eine Verschiebung der soeben angelegten Messstange erfolgt ist. Dies geschieht durch Beobachtung des Senkels, dessen Faden während des Festtretens des vorderen Stangenendes an dem hinteren Ende angepresst bleibt. Sodann übergibt er das soeben angelegte Stangenende dem hinteren Gehilfen, nimmt die hintere Stange nach vorn und setzt seinen Fuss hinter denjenigen des dritten Mannes, der jetzt erst loslassen darf, um (auf der entgegengesetzten Seite vom Absenkelnden) eine Stangenlänge weiter vorn auf Zuruf des letzteren das Ende der nächsten Stange festzuhalten u. s. f.

Fig. 33.



Staffeln bei  
geringer  
Neigung.

Ist die Geländeneigung nur gering, so ist es nicht absolut erforderlich, beide Messstangen horizontal zu halten. Vielmehr kann dies auf diejenige Stange beschränkt werden, deren vom Boden abstehendes Ende eben angelegt werden soll, oder für das Anlegen der nächsten Stange massgebend ist. Nur darf dann nicht vergessen werden, die Senkelspitze mit demjenigen Punkt der geneigt liegenden Messstange in Übereinstimmung zu bringen, der bei Rückkehr zur normalen (horizontalen) Stangenhaltung seine Lage beibehält, — d. h. dem auf dem Boden aufliegenden. Ausgeschlossen ist diese Erleichterung, welche beim Messen bergauf wie bergab je einen Gehilfen sparen, d. h. bergauf mit zwei Gehilfen auskommen lässt, wenn (vgl. Fig. 33) das obere Ende E der geneigt liegenden Stange den Boden nicht berührt und daher beim Kippen selbst einen Kreisbogen um den Auflagerpunkt A beschreibt.

Auch beim Messen bergab lässt sich übrigens mit zwei Gehilfen auskommen, wenn man die folgende Stange nicht an der freischwebenden Senkelspitze, sondern an dem Punkt anlegt, den der am knotenfreien Faden vom oberen Stangenende rasch aber ruhig abgleitende Senkel auf dem Boden erzeugt. Voraussetzung für dieses bequeme und rasch fördernde Verfahren ist nur, dass die Bodenverhältnisse sich hierfür eignen (keine Geröllhalden), und dass die durch kleine Senkelschwankungen und Ablenkungen beim Einspicken der Senkelspitze in den Boden verursachten Fehler in Kauf genommen werden wollen.

Messung bergab mit Abgleiten des Senkels.

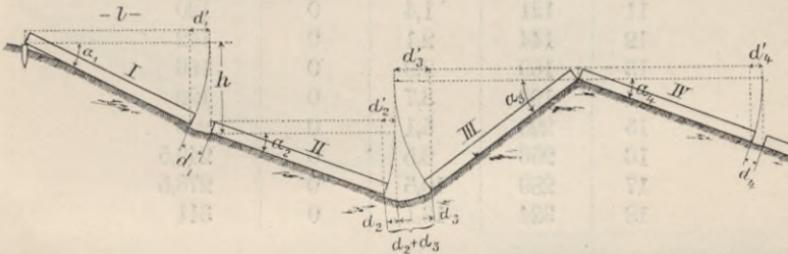
Bei sehr geringen Neigungen und wenn drei Mann zur Verfügung stehen, empfiehlt es sich, zwei Stangen in der Mitte zusammenzuhalten und (bei Anwendung von 5 m langen Stangen) je 10 m abzusenkeln.

Einen Ersatz für das immerhin zeitraubende Staffelmessen bildet bei wenig und gleichmässig geneigtem Gelände:

2) Das Messen mittels „Zugeben“. Man legt hierbei die Messstange auf den Boden, lässt aber, gleichgültig, ob bergab oder

Messen mit „Zugeben“.

Fig. 34 a.



bergauf gemessen wird, einen kleinen Zwischenraum  $d$  zwischen den Stangenenden offen, dessen Grösse von der Geländeneigung abhängig ist. Das zuzugebende Mass  $d$  wird von Zeit zu Zeit entweder versuchsweise bestimmt durch Herabkippen des zuvor mittels Senkels bei horizontaler Stangenhaltung (Staffeln) zur Übereinstimmung gebrachten Stangenendes (s. Fig. 34a), oder durch rechnerische Verwertung des Höhenunterschiedes  $h$  der beiden in Betracht kommenden Stangenenden.

Ist nämlich die Stangenlänge  $= l$ , so wird  $d = \sqrt{l^2 + h^2} - l$  oder durch Entwicklung

$$d = \frac{h^2}{2l} - \frac{h^4}{8l^3} + \frac{3h^6}{48l^5} - \dots$$

Für kleine Höhendifferenzen  $h$  treten die hinteren Summanden gegenüber dem ersten völlig zurück, wie nachstehende, für die Lattenlänge  $l = 5$  m berechnete Tabelle zeigt, und man hat für diese Lattenlänge den leicht zu merkenden Ausdruck:

$$d = \frac{h^2}{10} \text{ m etc. oder } d_{\text{mm}} = (h \text{ dm})^2,$$

d. h. das Quadrat des in dm ausgedrückten Höhenunterschieds ist bei Anwendung von 5 m langen Messgeräten gleich der Anzahl der zuzugebenden mm.

h dm	Summand			Gesamt- mass d mm
	I + mm	II - mm	III + mm	
1	1	0	0	1
2	4	0	0	4
3	9	0	0	9
4	16	0	0	16
5	25	0	0	25
6	36	0,1	0	36
7	49	0,2	0	49
8	64	0,4	0	64
9	81	0,6	0	80
10	100	1,0	0	99
11	121	1,4	0	120
12	144	2,1	0	142
13	169	2,9	0	166
14	196	3,7	0	192
15	225	5,1	0	220
16	256	6,5	0	249,5
17	289	10,5	0	278,5
18	324	13,1	0	311

Beim Überschreiten von Tal- und Rückenbildungen tritt die Frage auf: an welchem Stangenende (vorderen oder hinteren) soll das Mass d offen gelassen werden? Sie erledigt sich einfach durch die Betrachtung, dass jede Zwischenablesung (welche bei horizontal gehaltener Stange gemacht wird) übereinstimmen muss mit derjenigen, welche sich beim Staffelmessen ergeben hätte. Daraus folgt, dass immer das höher gelegene Stangenende diejenige Lage erhalten muss, die es beim „Staffeln“ einnehmen würde, so dass z. B. (siehe Fig. 34 a) beim Übergang von Gefäll zu Steigung beide Lücken nebeneinander auftreten. von Steigung zu Gefäll keine der Lücken

Gradbogen-  
messung.

Statt das zuzugebende Stück d aus dem Höhenunterschied h zu berechnen, welcher auf eine Stangenlänge l entfällt, kann man es auch aus dem Neigungswinkel  $\alpha$  der Messstange ermitteln, den man mit Hilfe des in der Stangenmitte aufgesetzten Gradbogens abliest.

Es ergibt sich nämlich für die Horizontalprojektion von  $d$

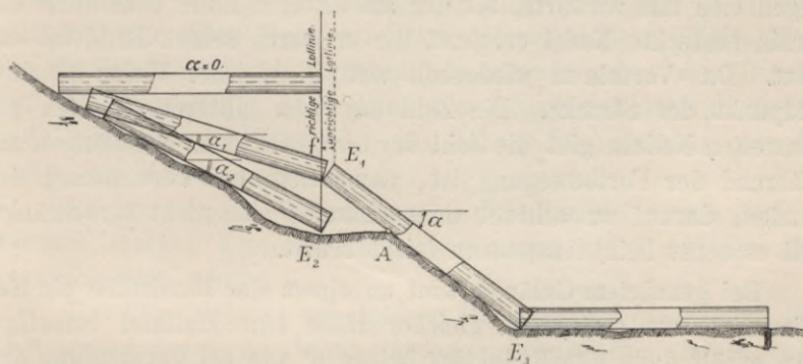
$$d' = l - l \cdot \cos \alpha = 2l \sin^2 \frac{\alpha}{2}.$$

Für die Stangenlänge  $l = 5 \text{ m}$  wird  $d' = 10 \sin^2 \frac{\alpha}{2}$ .

Man braucht also nur eine Tafel für diese Funktion anzulegen, der man die zu jeder einzelnen Stangenneigung gehörigen Beträge  $d'$  entnimmt, wenn man nicht vorzieht, dem Gradbogen statt der Winkel-Einteilung und -Bezifferung eine Teilung nach runden Beträgen von  $d'$  zu geben.

Sind innerhalb einer Gesamtstrecke keine Ablesungen oder Absteckungen von Zwischenpunkten zu machen, so ist es zweckmässiger, statt die Beträge  $d'$  bzw.  $d$  zwischen je zwei Messstangen offen zu lassen, deren Summe zu bilden und am Schluss von dem geneigt und zusammenhängend gemessenen Gesamtmass abzuziehen.

Fig. 34 b.



Von besonderer Wichtigkeit bei der geneigten Messung ist das Anlegen am richtigen Stangenendpunkt (konsequent Unterkante an Unterkante) und die Vermeidung jeder nachträglichen Änderung der bereits ermittelten und in Rechnung gezogenen Stangenneigung (nötigenfalls wiederholte Ablesung der veränderten Neigung, oder Anwendung des Senkels), s.  $E_1$ ,  $E_2$  und  $E_3$  in Fig. 34 b, in welcher bergaufwärts gerichtete Messung angenommen ist. Etwaige unbeachtete nachträgliche Hebung eines Stangenendes wirkt um so verhängnisvoller, je grösser die Neigung der Stangenlage gegen die Horizontale ist.

Gegenüber der geneigten hat die Staffelmessung den Vorzug, dass bei ihr ein gewisser Neigungsfehler der horizontal zu haltenden Messstange unabhängig von der Geländeform einen konstanten Anlagefehler erzeugt (n dm Fehler in der Höhe erzeugen immer  $n^2$  mm Anlagefehler), während bei geneigter Messung der Einfluss eines bestimmten Neigungsfehlers mit dem  $\sin^2$

der halben Neigung wächst. Je stärker die letztere, um so verhängnisvoller ein bei ihrer Ermittlung unterlaufener kleiner Fehler. Auch erfordert die geneigte Messung Überlegung, die staffelweise Messung nur einige Übung des Messgehilfen. In bezug auf die Genauigkeit ist:

Schätzungsweise Ermittlung der Höhendifferenz zur Berechnung von $d$ nur für sehr geringe Neigungen,	}	im Vorteil.
Gradbogenmessung etwa bis zur Neigung von $15^\circ$ ,		
Staffelmessung für grössere Neigungen		

Band- bzw.  
Ketten-  
messung.

b) Zum Messen mit Band oder Kette sind zwei Mann erforderlich, von denen jeder einen der durch die Endringe gesteckten Stäbe bedient. Der erste stellt seinen Stab auf den Anfangspunkt und weist den andern Gehilfen zunächst in die Gerade ein. (Vorgängiges Einweisen von Zwischenpunkten bei der Bandmessung unnötig.) Es folgt sodann ein kurzes Heben mit gleichzeitigem Anspannen des vorderen Band- (Ketten-) Endes. Dabei wird der Endpunkt des Bandmasses auf dem Gelände eingestochen und sodann mittels einer Nadel bezeichnet. Beide Gehilfen bewegen sich nun vorwärts, bis der am hinteren Ende befindliche die vorhin gesteckte Nadel erreicht, die er durch seinen Bandstab ersetzt. Das Verfahren wiederholt sich in gleicher Weise bis zum Endpunkt der Strecke. Die Zahl der vom hinteren Gehilfen gesammelten Nadeln gibt die Zahl der durchmessenen Bandlängen an. Während der Fortbewegung ist, namentlich bei Verwendung des Bandes, darauf zu achten, dass dasselbe sich nicht verschränkt, weil es sonst beim Anspannen leicht bricht.

Bei geneigtem Gelände wird an einem der Bandstäbe ein Gefällmesser, am andern in gleicher Höhe eine Zieltafel befestigt. Man erhält dann den Reduktionsbetrag  $d'$  wie bei Verwendung des Gradbogens aus der beobachteten Neigung  $\alpha$  des Bandes und seiner Länge  $l$ :

$$d' = l - l \cos \alpha.$$

Zeigt der Gefällmesser die Neigung in Prozenten  $p$  an, so wird

$$d' = l - \sqrt{l^2 - \left(\frac{p^2 l}{100}\right)^2}$$

und durch Ausziehen der Wurzel

$$d' = l - l + \frac{p^2 l}{20000} + \frac{p^4 l}{80000000} + \dots$$

oder

$$d' \text{ in mm} = \frac{p^2 l}{20} + \frac{p^4 l}{800000} + \dots$$

für die Bandlänge  $l = 20 \text{ m}$

$$d'_{\text{mm}} = p^2 + \frac{p^4}{40000} + \dots$$

Das zweite und die weiteren Glieder treten bei geringen Neigungen gegenüber dem ersten zurück und es bleibt für das 20 m lange Band eine ebenso leicht zu merkende Regel, wie S. 35 für die 5 m-Stange:

$$d' \text{ in mm} = p^2,$$

d. h. das Quadrat der in Prozenten ausgedrückten Geländeneigung ist bei Anwendung von 20 m langen Messgeräten gleich der Anzahl der zuzugebenden mm.

Vergleichende Würdigung der Stangen-, Band- und Kettenmessung. Die Anwendung von Band und Kette ist bei stark wechselndem Gelände (Mauern, Raine, Konvexformen) sehr schwerfällig und bei Schollenbildung gegenüber der Stangenmessung weitaus minderwertig; bei stark mit Gräben etc. durchzogenem Wiesengelände, gleichmässige, nicht allzugrosse Neigung vorausgesetzt, dagegen der Stangenmessung vorzuziehen. Immerhin beansprucht sie neben dem ablesenden Techniker stets zwei Messgehilfen, während die Stangenmessung (wenigstens in der Horizontalen) nur einen Mann erfordert. Dagegen ist der Zeitaufwand für die Bandmessung in horizontalem Gelände schon mit Rücksicht auf den Wegfall der Absteckung von Zwischenpunkten in die Gerade geringer, der Transport des Bandes ist bequemer, als derjenige der Messstangen.

Stangen-,  
Band- oder  
Ketten-  
messung?

Infolge grossen Ausdehnungskoeffizienten des Stahls darf der Einfluss starker Temperaturänderungen auf die Bandlänge nicht vernachlässigt werden.

Das Einschleichen von kleinen Messungsungenauigkeiten lässt sich weder durch die Wahl der zu verwendenden Geräte, noch durch Verfeinerung der Messungsmethoden ganz verhindern. Ihre Grösse ist von verschiedenerlei äusseren Umständen — Geländeform, Beschaffenheit der Bodenoberfläche, Witterung, Individualität des Messgehilfen etc. — abhängig. Besonders ungünstig wirken Stoppfeld, Gebüsch oder hohes Gras, Schnee, starke Schollenbildung, Schmutz. Immerhin liefert die Kettenmessung wegen des leichten Eintretens von Verschränkungen der Glieder und des Eindringens von Fremdkörpern zwischen dieselben die ungenauesten Resultate. Auf Grund von Versuchen wurde festgestellt, dass sich die unvermeidlichen mittleren Fehler der Stangenmessung verhalten zu denen der Band- bzw. der Kettenmessung wie 3 : 5 : 8.

Für amtliche Messungen sind in den einzelnen Staaten Fehlergrenzen festgesetzt, welche von den Differenzen zweier unabhängigen Messungen derselben Strecke auch beim Vorhandensein von Messungshindernissen nicht überschritten werden dürfen,

Fehler-  
grenzen.

gleichgültig, welcherlei Geräte zur Messung verwendet werden und (wenigstens bis heute noch) ohne Rücksicht auf den Geldwert des vermessenen Geländes.

Sie wachsen nicht proportional der Streckenlänge  $l$ , sondern setzen sich aus drei Komponenten zusammen (1. Ungenauigkeit der Länge des Messwerkzeugs etc., 2. zufälliger Anlegefehler etc., 3. Veränderlichkeit der Endpunkte).

Diese höchstens zulässigen Fehler einer Streckenmessung sind aber sogar in den verschiedenen deutschen Staaten noch nicht übereinstimmend festgesetzt.

Zum Beispiel beträgt in Württemberg die höchstens zulässige Abweichung  $d$  zweier unabhängigen Messungen (sämtliche Grössen in  $m$  ausgedrückt):

auf wenig unebenem Gelände:	$d = 0,0005 l + 0,010 \sqrt{l}$	}	+ 0,05 für unsicheren Endpunkt.
auf Gelände von mittlerer Neigung:	$d = 0,0006 l + 0,015 \sqrt{l}$		
auf stark geneigtem Gelände:	$d = 0,0007 l + 0,020 \sqrt{l}$		

Im Mittel sind bei amtlichen Vermessungen in Deutschland zulässig:

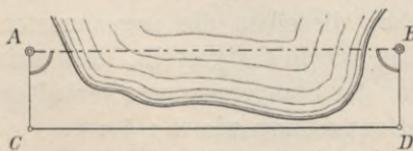
	in ebenem Gelände	steilem Gelände
auf 50 m Länge etwa	11 cm	19 cm
„ 100 „ „ „	17 „	28 „
„ 150 „ „ „	22 „	36 „
„ 200 „ „ „	26 „	43 „

Die eingehende Untersuchung der Längenmessfehler nach Ursache und Wirkung, deren Erkenntnis die Grundlage für die amtliche Festsetzung derartiger Fehlergrenzen bildet, überschreitet den Rahmen gegenwärtigen Buches.

### c) Ermittlung unzugänglicher Strecken.

Ist es möglich, von jedem der Endpunkte  $A$  und  $B$  der gesuchten Strecke aus den andern zu sehen (was z. B. zutrifft, wenn

Fig. 35.



das Messungshindernis in dem Übergreifen einer Wasserfläche besteht), so steckt man eine Parallele zu  $AB$  in beliebigem (möglichst geringem) Abstand dadurch ab, dass man (siehe Fig. 35) in  $A$  und  $B$  Lote

auf  $AB$  errichtet und auf ihnen die Strecken  $AC = BD$  abmisst. Es ist alsdann  $AB = CD$ .

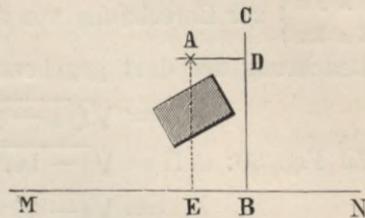
Ist der senkrechte Abstand eines Punktes  $A$  von einer Ge-

Verwendung von Parallelen.

raden MN zu messen, dieser aber durch ein Hindernis verdeckt (Fig. 36), so kann man in beliebigem Punkt B ein Lot BD auf der Geraden und durch A wieder ein Lot DA auf dem eben abgesteckten Lot errichten. Man erhält dann aus dem abgesteckten Rechteck wie vorhin den gesuchten Abstand EA = BD und (wenn gewünscht) den Lotfußpunkt E durch Abtragen von BE = DA.

Die Lote sind hier, da sich eins auf das andere aufbaut, mit besonderer Sorgfalt zu fällen. Kleine Unsicherheiten in denselben wirken um so ungünstiger, je länger DA ist.

Fig. 36.



Lässt sich das verwendete Rechteck nicht direkt abstecken, weil zwischen A und B (Fig. 35) nicht zusammengesehen werden kann, so kann man die Parallele CD auch gewinnen, indem man AC zunächst schätzungsweise  $\perp$  AB abmisst und sodann D derart bestimmt, dass

$$\left\{ \begin{array}{l} \sphericalangle CDB = R \\ BD = AC \end{array} \right\}$$

Jetzt wird C definitiv so abgesteckt, dass

$$\left\{ \begin{array}{l} \sphericalangle ACD = R \\ AC = BD \end{array} \right\}$$

Bequemer als nach dieser Einrückungsmethode wird die Parallele folgendermassen gewonnen (s. Fig. 37):

Fig. 37.

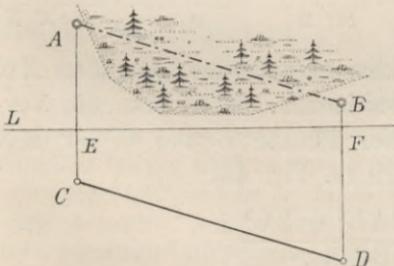
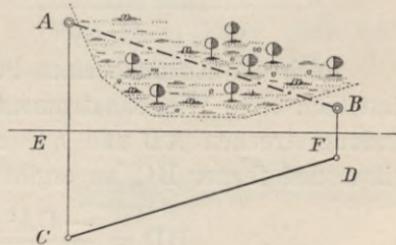


Fig. 38.



Von einer beliebigen Geraden L werden Lote nach A und B gefällt. Die Endpunkte C und D der auf ihnen abgemessenen beliebigen, aber gleichen Strecken AC = BD bestimmen die Seite CD des Parallelogramms ABDC, so dass AB = CD.

Statt des Parallelogramms lässt sich zur Ermittlung der unzulänglichen Streckenlänge AB auch ein gleichschenkliges Dreieck oder Trapez anwenden, welches man erhält, wenn man  $\left\{ \begin{array}{l} FD = FB \\ EC = EA \end{array} \right.$  Verwendung gleichschenkliger Trapeze.

je  $\perp$  einer beliebigen Geraden EF abmisst. Auch hier ist  $CD = AB$  (s. Fig. 38). Je kürzer die Lote, um so besser die Bestimmung der gesuchten Strecke.

Verwendung  
beliebiger  
Hilfsgerade.

Hat man zur Absteckung von AB (vergl. Fig. 30) eine beliebige Gerade benützt, so lassen sich die dort gemessenen Grössen

$\left. \begin{matrix} y_A & y_B \\ x_A & x_B \end{matrix} \right\}$  zur Berechnung von AB verwenden. Es gilt nämlich unter

Beachtung der dort gegebenen Vorzeichenregel allgemein:

$$AB = \sqrt{(y_B - y_A)^2 + (x_B - x_A)^2}.$$

Zu Fig. 30:  $AB = \sqrt{(-14,08 - 18,14)^2 + (154,18 - 15,34)^2}$   
 $= \sqrt{(-3222)^2 + (138,84)^2} = \sqrt{1038 + 19277}$   
 $= \sqrt{20315} = 142,53.$

Verfahren  
im Falle des  
Mangels an  
Winkel-  
instrumen-  
ten.

Stehen Instrumente zum Abstecken rechter Winkel nicht zur Verfügung, so zieht man von einem der Endpunkte, z. B. A aus (s. Fig. 39) eine beliebige Gerade und misst auf ihr zwei beliebige aber gleiche Strecken  $AC = CD$  ab. BC verlängert man um sich selber bis E, so ist DE gleich und parallel AB.

Fig. 39.

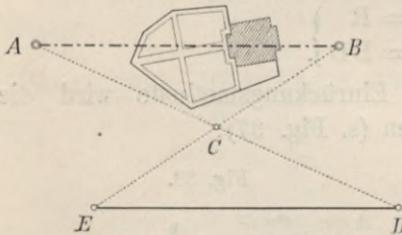
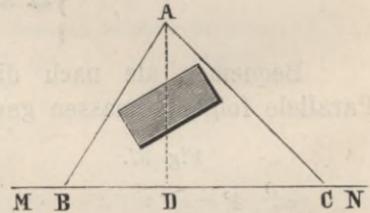


Fig. 40.



Auch der Abstand eines Punktes A von einer Geraden MN lässt sich ohne Winkelinstrument bestimmen. Misst man die Verbindungsstrecken AB und AC zweier Punkte B und C der MN mit A und ferner BC, so ergibt sich (s. Fig. 40):

$$BD = \frac{-CA^2 + AB^2 + BC^2}{2BC}$$

und

$$DA = \sqrt{AB^2 - BD^2}$$

Unzugäng-  
liche  
Strecken.

Versagen die bisher angegebenen Mittel, weil z. B. ein Endpunkt A der Strecke unzugänglich ist (s. Fig. 41), so fällt man in B auf AB ein Lot BC und auf CA ein zweites Lot, welches die Verlängerung von AB in D schneidet. Es ist dann

$$x = \frac{BC^2}{BD}, \text{ oder } x = \frac{DC^2}{BD} - BD = \frac{DC^2 - BD^2}{BD}.$$

Man kann auch die gesuchte  $x$  durch Messung proportionaler oder gleicher Strecken bestimmen. Zu diesem Zweck fällt man (siehe Fig. 42a u. b) in B und D Lote und wählt auf ihnen die Punkte C und E, so dass ACE = Gerade. Alsdann ist (s. Fig. 42a)

$$AB = BD \cdot \frac{BC}{DE - CB}$$

bezw. (s. Fig. 42b)

$$AB = DE \cdot \frac{BC}{CD}$$

(Für  $BC = CD$  wird  $AB = DE$ ).

In beiden Fällen ist anzustreben, den Winkel bei A annähernd  $= \frac{R}{2}$  zu machen.

Je spitzer derselbe, um so ungünstiger die Wirkung etwaiger kleiner Messungsfehler in den Hilfsgrössen.

Fig. 41.

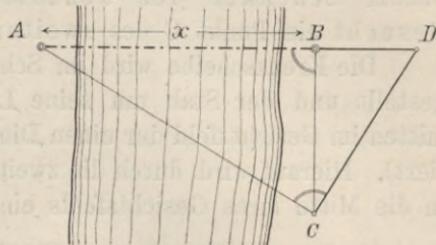


Fig. 42a.

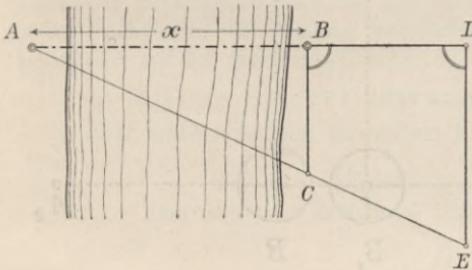
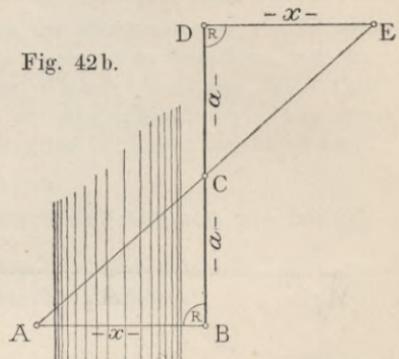


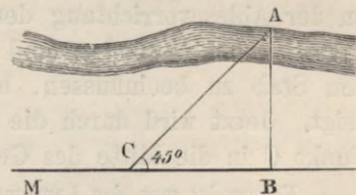
Fig. 42b.



Ist ein Instrument zum Abstecken von  $\frac{R}{2}$  zur Verfügung, so gewinnt man Streckenlängen, z. B. über einen Fluss oder Bach, wie in Fig. 43 angedeutet, wo  $AB = BC$ , wenn  $\sphericalangle B = R$ .

Alle die angegebenen Methoden zur indirekten Erlangung unzugänglicher Strecken bringen Fehlerquellen in die Bestimmung herein, welche die direkte Messung vermeidet, — jedes abgesteckte Lot, jede eingelegte Hilfsstrecke enthält eine Ungenauigkeit, deren Betrag von dem benützten Instrument, der Sorgfalt und Gewandtheit des Technikers abhängt.

Fig. 43.



Die weiteren Hilfsmittel (Verwendung von Polygonzügen und Dreiecksketten auf Grund von Theodolitbeobachtungen, sowie optische Distanzmesser) zur Gewinnung unzugänglicher Strecken fallen ausserhalb des Rahmens vorliegenden Buchs.

#### 4) Errichten von Loten, Messen und Abstecken von Winkeln.

Wie bisher bei den Strecken handelt es sich auch bei den Winkeln nicht um ihre Grösse zwischen den tatsächlich abgesteckten Schenkeln,

sondern um diejenige zwischen deren Horizontalprojektionen. Die Arbeit erfolgt:

a) Mittels Diopterinstrumenten.

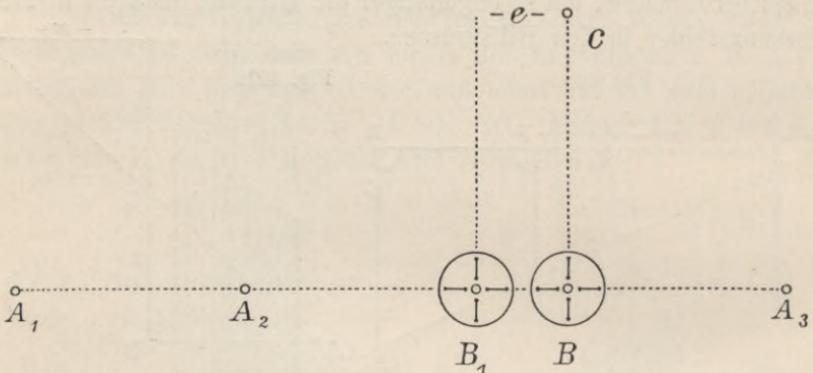
Die Aufgabe tritt in doppelter Form auf und zwar:

Winkel-  
scheitel  
gegeben.

$\alpha$ ) Gegeben der Winkelscheitel B und Punkte A von einem Schenkel des abzusteckenden rechten Winkels. Gesucht ein Punkt C des zweiten Schenkels.

Die Kreuzscheibe wird im Scheitel B (s. Fig. 44) vertikal aufgestellt und der Stab um seine Längsachse so gedreht, dass A mitten im Gesichtsfeld der einen Dioptervorrichtung erscheint (orientiert). Hierauf wird durch die zweite Dioptervorrichtung ein Stab C in die Mitte ihres Gesichtsfelds eingewiesen.

Fig. 44.



Zur Absteckung einer Geraden über den Scheitelpunkt hinaus benützt man ein und dasselbe Diopter nach beiderlei Richtung.

Soll — mittels Gradscheibe oder Pantometers — ein beliebiger Winkel (d. h. nicht der Schnittwinkel der Diopterebenen) abgesteckt werden, so liest man nach erfolgter Orientierung gegen A an der Ablesevorrichtung den Winkelwert  $a$  ab, addiert den abzusteckenden Winkel  $\alpha$  und dreht den Kreuzscheibenkopf, ohne den Stab zu beeinflussen, bis die Ablesemarke auf  $c = (a + \alpha)$  zeigt. Jetzt wird durch die erstmals benützte Zielvorrichtung der Punkt C in die Mitte des Gesichtsfelds eingewiesen.

Verwendet man das Pantometer, so kann mittels der dem Stab fest verbundenen 2. Zielvorrichtung untersucht werden, ob beim Drehen des Kreuzscheibenkopfs nicht ein Mitdrehen des Stabs stattgefunden hat. Zutreffendenfalls müsste die fragliche 2. Zielvorrichtung vor dem Einweisen von C wieder nach A orientiert werden.

Sorgt man durch vorgängige Einstellung, dass  $a = 0$ , so wird  $c = \alpha$ .

Winkel-  
scheitel  
gesucht.

$\beta$ ) Gegeben die Richtung des einen Schenkels durch die Stäbe  $A_1, A_2 \dots$  und ein Punkt C des andern. Gesucht der

Scheitel B des Winkels  $\alpha$ , wo  $\alpha = R$  oder sonst von gegebener Grösse. (Für Absteckung einer Geraden verlangt man  $\alpha = 2 R$ .)

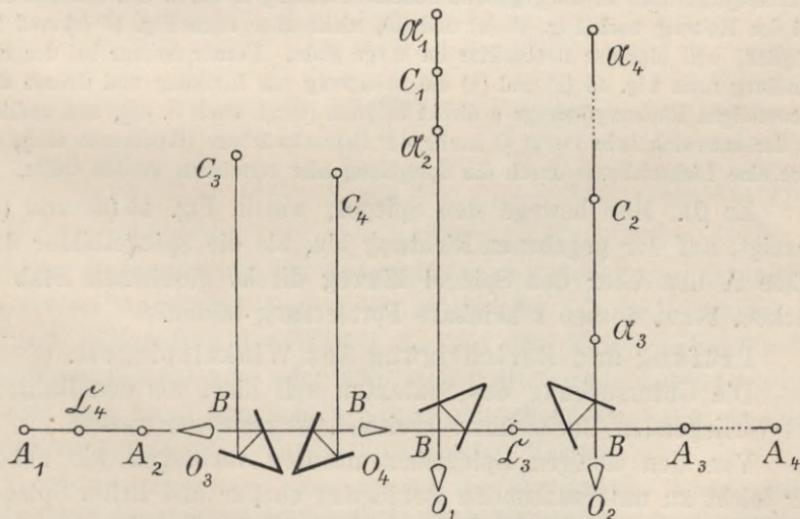
Im näherungsweise angenommenen Winkelscheitel  $B_1$ , auf der gegebenen Richtung  $A_1 A_2$  (s. Fig. 44), wird das Instrument vertikal aufgestellt und nach einem der entfernteren Stäbe A orientiert. (Nötigenfalls vorheriges Umdrücken der Zwischenstäbe.) Erscheint alsdann der gegebene Punkt C nicht im Gesichtsfeld der zweiten, oder der um den  $\sphericalangle \alpha$  verdrehten Zielvorrichtung, so wird durch Auf- und Niederbewegen des Auges an der letzteren seine Abweichung e von der Ziellinie geschätzt, oder, nach erfolgtem Einweisen eines Stabs in die Ziellinie, gemessen. Nun wird die Kreuzscheibe um den derart ermittelten Betrag e auf der gegebenen Richtung verstellt und das Verfahren, wenn die Abweichung geschätzt wurde, so lange wiederholt, bis der richtige Scheitel B gefunden ist.

Unpraktisch wäre es, die Orientierung der Zielvorrichtung von  $B_1$  aus statt nach der gegebenen Richtung A nach Punkt C zu bewirken, weil im Falle der Nichtübereinstimmung des rechten Winkels dann nur diese Tatsache, nicht aber die Richtung und Grösse der Abweichung, um welche das Instrument auf der gegebenen Geraden zu verstellen ist, direkt ersichtlich wäre.

### b) Mittels Spiegelinstrumenten.

Wir unterscheiden dieselben Formen der Aufgabe wie bei (a).

Fig. 45 c. Fig. 45 d. Fig. 45 a. Fig. 45 b.  
(unpraktisches Verfahren) (praktisches Verfahren)



Zu a). Stelle das Instrument, dessen Spiegelebenen den halben abzusteckenden Winkel einschliessen, mittels Stabs oder Senkels vertikal über dem gegebenen Winkelscheitel B so auf, dass (wie in Fig. 45 a und b ersichtlich) die von  $A_1$  bzw.  $A_3$  und etwaigen

Winkelscheitel gegeben.

weiteren Richtungspunkten kommenden Strahlen nach doppelter Zurückwerfung durch den Spiegel ins Auge  $O_1$  bzw.  $O_2$  gelangen, dort die Vorstellung erzeugend, als ob sie von den Spiegelbildern  $\mathcal{A}_1 \mathcal{A}_2$  bzw.  $\mathcal{A}_3 \mathcal{A}_4$  herkämen.

Weise nun, über den Spiegel hinwegschauend, den Stab  $C_1$  bzw.  $C_2$  so ein, dass er die Fortsetzung der Spiegelbilder  $\mathcal{A}_1 \mathcal{A}_2 \dots$  bildet, d. h. mit ihnen der Richtung nach zusammenfällt.

Ungenau wäre es, bei stark geneigtem Gelände die Spiegelebenen vertikal zu halten, weil in diesem Fall die Spiegelbilder  $\mathcal{A}_1 \mathcal{A}_2 \dots$  erheblich höher oder tiefer als  $C$  sich befänden, wodurch die Feststellung der Deckung wesentlich erschwert würde. Vielmehr ist der Schnittlinie der Spiegelebenen die Lage  $\perp$  zur Ebene  $ABC$  zu geben. Allerdings erscheinen dann die Spiegelbilder der vertikal gesteckten Stäbe  $A_1 A_2 \dots$  als geneigte Gerade und man hat nur die Möglichkeit, den abzusteckenden Winkel zwischen den Richtungen nach einem bestimmten ins Auge zu fassenden Punkt des Stabs  $A$  und einem solchen des Stabs  $C$  herzustellen (vergl. hierüber und über die Unterscheidung zwischen Horizontalwinkel und Positionswinkel, welche bei der verlangten Instrumentenhaltung in Frage kommt, S. 50).

Unpraktisch ist es ferner, direkt, d. h. über die Spiegel hinweg, statt nach dem einzuweisenden bzw. anzuwinkelnden Punkt  $C$ , in der gegebenen Schenkelrichtung  $A_1 A_2$  bzw.  $A_3 A_4 \dots$  zu zielen und das Spiegelbild von  $C$  zu benützen (siehe Fig. 45 c u. d). Denn erstens muss von dem in  $C$  durch den Messgehilfen aufgehaltene Stab zumeist die Vertikalstellung konstatiert bzw. herbeigeführt werden, was bei Benützung des Spiegelbildes wegen der veränderlichen Spiegelhaltung unmöglich ist. Sodann ist das gleichzeitige Einweisen des Winkelspiegelstabs in die gegebene Schenkelrichtung  $A$  durch den Gehilfen nur bei der Haltung nach Fig. 45 (a) und (b), nicht aber nach Fig. 45 (c) und (d) möglich, weil hier der Beobachter im Wege steht. Ferner ist nur bei der Behandlung nach Fig. 45 (a) und (b) die Schätzung von Richtung und Grösse des notwendigen Rückungsbetrags  $e$  direkt möglich (vergl. auch S. 45), und endlich ist der anzuwinkelnde Punkt  $C$  häufig der lichtschwächere (Hauskante etc.), so dass eine Lichteinbusse durch die Spiegelung hier vermieden werden sollte.

Winkel-  
scheitel  
gesucht.

Zu  $\beta$ ). Man bewege den Spiegel, wie in Fig. 45 (a) und (b) gezeigt, auf der gegebenen Richtung hin, bis die Spiegelbilder der Stäbe  $A$  den über den Spiegel hinweg direkt gesehenen Stab  $C$  decken, bzw. dessen scheinbare Fortsetzung bilden.

#### Prüfung und Berichtigung des Winkelspiegels.

Die Untersuchung des Sextanten soll hier, als den Rahmen des vorliegenden Buchs überschreitend, weggelassen werden.

An-  
forderung.

Von den übrigen Spiegelinstrumenten verlangen wir neben der leicht zu untersuchenden Bedingung ebener und heller Spiegel (Verzerrung der Bilder im Falle unebener Spiegel) nur, dass die Spiegelebenen den halben abzusteckenden Winkel  $\left(\frac{R}{4}, \frac{R}{2}, R\right)$  miteinander einschliessen. Um zu untersuchen, ob der Spiegelwinkel  $= \frac{R}{2}$  ist, steckt man mit freiem Auge eine Gerade  $ACB$  (Fig. 46)

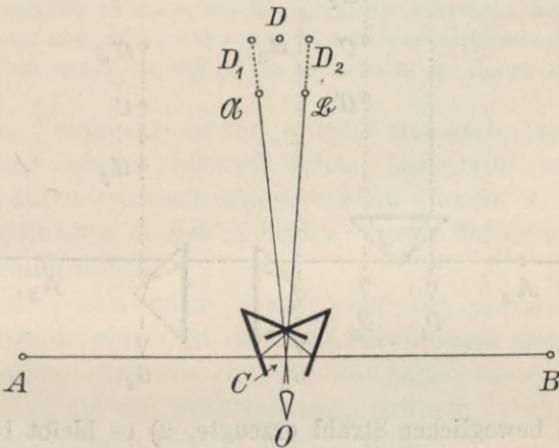
Prüfung.

ab und hält über dem Zwischenpunkt C das Instrument so, dass das einamal das Bild  $\mathfrak{A}$  von A, das anderemal das Bild  $\mathfrak{B}$  von B im Spiegel sichtbar ist. Beidemale wird ein Stab  $D_1$ , bezw.  $D_2$ , in der oben angegebenen Weise eingerichtet. Fallen die Punkte  $D_1$  und  $D_2$  zusammen, so ist jeder der abgesteckten Winkel  $\angle ACD_1 = \angle D_2CB = R$  und somit der Winkel zwischen den Spiegeln  $= \frac{R}{2}$ . Andernfalls wird der letztere mit Hilfe der KorrekTIONSSCHRAUBEN (vergl. Fig. 23 und 24) so verbessert, dass der die Strecke  $D_1D_2$  halbierende Punkt D von den Spiegelbildern gedeckt wird.

Ver-  
besserung.

Ist der Spiegelwinkel  $= \frac{R}{4}$ , so wird auf gleiche Weise wie vorher sein doppelter Betrag von den Schenkeln eines rechten Winkels nach innen abgetragen, wobei wieder beide erhaltenen Richtungen sich decken müssen.

Fig. 46.



Zur Untersuchung des Spiegelkreuzes steckt man entweder mit freiem Auge drei Punkte einer Geraden ab und verbessert hiernach nötigenfalls den Winkel des auf dem Zwischenpunkt aufgehaltene Instrument, oder man steckt die Gerade mit letzterem doppelt und zwar von beiden Seiten einrückend ab. Die etwaige Abweichung entspricht dann dem doppelten Fehler.

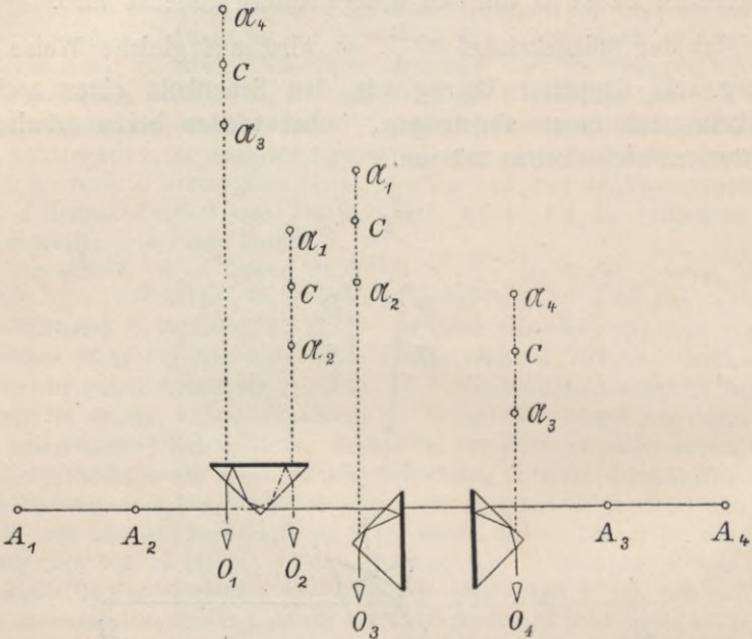
Schlussbemerkung. Der Scheitel des abgesteckten Winkels fällt streng genommen nicht mit der Handgriffachse zusammen, sondern ist der veränderliche Schnitt des eintretenden und des doppelt reflektierten Strahls. Auf zeichnerischem oder rechnerischem Wege zeigt sich jedoch leicht, dass er im Mittel etwa auf dem Verbindungsbogen der beiden vorderen Spiegelkanten liegt und dass die aus der Veränderlichkeit resultierende Unsicherheit bei normaler Instrumentengröße den Betrag von 1 cm kaum übersteigt.

c) Mittels Prismeninstrumenten.

Aufsuchen  
des festen  
Strahls.

Wir haben Seite 25 erfahren, dass wir bei der Verwendung von Prismeninstrumenten zwischen beweglichem und festem Lichtstrahl zu unterscheiden haben. Wir müssen also ein Mittel finden, das durch den festen Strahl erzeugte, zum Abstecken rechter Winkel allein benützbare Bild als solches zu erkennen. Merkmale hierfür sind: 1) das vom festen Strahl erzeugte Bild ist lichtschwächer,

Fig. 47.



als das vom beweglichen Strahl erzeugte, 2) es bleibt beim Drehen des Prismas um seine Achse (abgesehen von kleinen Schwankungen infolge von Neigungen dieser Achse) in Ruhe, 3) der feste Strahl tritt in der Nähe einer Seitenkante aus und zwar bei annähernd paralleler Stellung der Hypotenusenfläche zur Sehrichtung beim rechten Winkel, bei annähernd senkrechter Stellung derselben beim  $\frac{1}{2}$  R-Winkel.

Ab-  
steckungs-  
verfahren.

Die Anwendung des Prismas zum Abstecken rechter Winkel ist ähnlich der des Winkelspiegels. Die durch den festen Strahl erzeugten Bilder  $\mathfrak{A}$  der gegebenen Richtungsstäbe A müssen mit der über das Instrument hinweg direkt gesehenen Richtung nach dem abzusteckenden Winkelschenkel übereinstimmen, sie müssen die scheinbare Fortsetzung des anzuwinkelnden Stabes C bilden. Auch hier wird zweckmässigerweise nicht in der Richtung des

gegebenen Schenkels, sondern in derjenigen nach dem anzuwinkelnden Punkt direkt gezielt (s. Fig. 47).

Bei der Verwendung der Prismentrommel und des Prismenkreuzes zum Abstecken beliebig grosser Winkel und gerader Linien gebraucht man den beweglichen Strahl. Man bewegt sich mit aufgehaltene Instrument auf dem festen Schenkel, oder in der Halbierenden der gesuchten Richtungen, bis die durch den beweglichen Strahl erzeugten Bilder  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{B}$  der beiden Linienpunkte A und B (die bei Drehung des Instruments sich bewegen, ohne aber ihre gegenseitige Lage zu ändern) in den beiden Prismen übereinander stehen, eine Gerade bilden (s. Fig. 28). Alsdann befindet sich das Instrument in dem gesuchten Scheitelpunkt.

Instrumentenprüfung.

Die Prüfung des einfachen Prismas erfolgt ebenso, wie diejenige des Winkelspiegels. Eine Verbesserung etwaiger Abweichung ist jedoch nur durch Erneuerung des Glasschliffs möglich.

Auch beim Prisma fällt, wie beim Winkelspiegel, der Schnittpunkt der verwendeten Strahlen nicht mit der Handgriffachse zusammen, sondern hat veränderliche Lage. Aber auch bei ihm übersteigt die hierdurch erzeugte Unsicherheit nicht den Betrag von 1 cm und ist um so kleiner, je kleiner das Instrument selbst ist.

Bei der Prismentrommel verlangt man noch, dass die Seitenkanten beider Prismen parallel laufen. Dies trifft zu, wenn bei entsprechender Instrumenthaltung parallele Gerade, z. B. die Fäden zweier aufgehängter Senkel in beiden Prismen Bilder erzeugen, die in eine Gerade fallen.

Anforderung an die Prismentrommel.

Für etwa notwendige Veränderung der gegenseitigen Lage beider Prismen ist eines von ihnen an dem Gehäuse fest, das andere derart aufgehängt, dass eine Drehung, und mittels dreier Korrektschrauben, die auf die Prismenfassung drücken, auch eine kleine Neigung des letzteren bewirkt werden kann.

Beim Prismenkreuz müssen wir weiter noch die Bedingung stellen, dass zwei Kathetenflächen einander parallel gehen. Ob dies zutrifft, wird untersucht, wie die analoge Forderung beim Spiegelkreuz, etwaige Abweichung aber wird durch Drehung des aufgehängten Prismas gehoben.

Anforderung ans Prismenkreuz.

Die Spiegel- und Prismeninstrumente gewähren gegenüber den Dioptrinstrumenten die Vorzüge rascheren Arbeitens (weil das unter allen Umständen zeitraubende, oft unmögliche Einstecken des Stabes in den Boden entfällt), bequemerem Transport, gleichzeitigen Beobachtens beider Winkelschenkel (wertvoll namentlich bei beweglichem oder unsicherem Standpunkt, bezw. beweglichen Zielen), der gelegentlichen Verwendung zur Herstellung horizontaler Zielungen (Spiegelbild des am Handgriff befestigten Senkelfadens bei ungefähr horizontaler Haltung des Handgriffs), eines grossen Gesichtsfeldes, und ca. dreimal billigeren Preises.

Vergleich der Vorzüge und Nachteile der Dioptr-, der Spiegel- und der Prismeninstrumente.

Dieser Summe von Vorzügen steht neben der lästigen Veränderlichkeit des Winkels zwischen den Spiegeln ein einziger, aber sehr gewichtiger Nachteil gegenüber: die Spiegel- und Prismeninstrumente geben nicht die verlangte Horizontalprojektion der gemessenen Winkel (Horizontalwinkel), sondern, wenn die Spiegel- bezw. Prismenflächen senkrecht zur Ebene der beiden Winkelschenkel gehalten werden, die Winkel zwischen den beobachteten Strahlen selbst (Positionswinkel) an.

In horizontalem Gelände, wo dieser Nachteil nicht zur Geltung kommt, weil Positions- und Horizontalwinkel gleich sind, ist also die Verwendung der Spiegel- und Prismeninstrumente weit vorzuziehen; in geneigtem Gelände ist zu beachten, dass der mit ihnen gemessene, bezw. abgesteckte Winkel im allgemeinen nicht gleich dem zu zeichnenden oder verlangten Horizontalwinkel ist, und dass der Fehler mit der Geländeneigung wächst. Nur wenn wenigstens ein Schenkel horizontal liegt, ist der geneigt abgesteckte rechte Winkel auch in der Horizontalprojektion = R. Ein in bergigem Gebiet mittels der Spiegel- oder Prismeninstrumente rechtwinklig abgesteckter Neubau würde beispielsweise bedenkliche Abweichung gegen die Rechtecksform zeigen, wenn nicht zufälligerweise einer der Winkelschenkel horizontal verläuft. Hier ist daher die Anwendung der Diopterinstrumente, bei denen die Zielungen in vertikalen und unveränderlichen Diopterebenen liegen, deren Keilwinkel =  $R, \frac{R}{2}$  etc. ist, unerlässlich.

In der Gruppe der Spiegel- und Prismeninstrumente haben erstere den Vorzug lichtstärkerer Bilder, leichter Ersetzbarkeit etwa zugrunde gegangener Spiegel und billigeren Preises, die letzteren dagegen diejenigen der Unveränderlichkeit und des noch bequemeren Transports.

d) Ohne Winkelinstrumente.

1) Vom gegebenen Scheitel B des abzusteckenden Winkels (s. Fig. 48a) wird in der gegebenen Richtung das Stück  $BA = 3$  Längeneinheiten (m, Ellen, Ruten) abgemessen. In A und B werden

Fig. 48b.

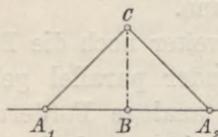


Fig. 48c.

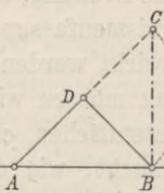
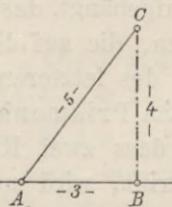


Fig. 48a.



Bänder oder Schnüre befestigt, welche 5 bezw. 4 derselben Längeneinheiten messen, angespannt und solange gedreht, bis ihre Endpunkte in C sich decken. Alsdann ist C ein Punkt des gesuchten Winkelschenkels, weil  $AB^2 + BC^2 = 3^2 + 4^2 = 9 + 16 = 5^2 = AC^2$ . (Pythagoräischer Lehrsatz.)

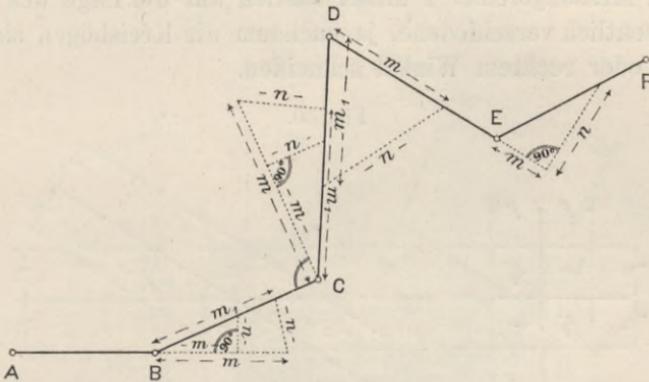
2) Vom Winkelscheitel B (s. Fig. 48b) aus werden auf der gegebenen Richtung nach beiden Seiten gleiche Stücke  $BA_1 = BA_2$  abgetragen. Werden die Endpunkte eines Bandes, das länger ist als  $A_1A_2$  in  $A_1$  und  $A_2$  befestigt und wird alsdann das Band an-

Rechte Winkel durch Ver-  
reihung.

gespannt, so bezeichnet sein Halbierungspunkt (horizontale Bandhaltung vorausgesetzt) einen Punkt C des gesuchten Lotes.

3) Das eine Ende eines Bandes wird im gegebenen Winkelscheitel B, das andere in einem Punkt A der gegebenen Richtung festgesteckt und der Mittelpunkt des angespannten Bandes in D markiert. Alsdann wird das Bandende bei B in die Verlängerung von AD nach C versetzt, derart, dass das gespannte Band über D geht. C ist ein Punkt des gesuchten Winkelschenkels, weil  $DA = DB = DC =$  und ADC Gerade (Winkel im Halbkreis, s. Fig. 48 c).

Fig. 49.



Um Winkel beliebiger Grösse zu messen, bildet man je nach Sachlage ein beliebiges, ein rechtwinkliges, oder ein gleichschenkliges Dreieck, das den fraglichen Winkel (oder sein Supplement, oder seinen Überschuss über 1 R) enthält, und misst in demselben (vergl. Fig. 49) die Strecken  $m$ ,  $m_1$  und  $n$ . Ist für die Weiterverwendung der Zahlenwert des Winkels nötig, so lässt er sich aus den gemessenen Strecken berechnen, für graphische Benützung dienen die letzteren direkt.

Winkel  
beliebiger  
Grösse  
durch Ver-  
reihung.

## Kapitel II.

### Aufnahme von Figuren (Stückvermessung).

#### § 5. Aufnahmefethoden.

Um die Horizontalprojektion eines abgegrenzten  $n$ -Ecks nach Gestalt und Grösse darstellen zu können, müssen wir zunächst diejenige Zahl voneinander unabhängiger Bestimmungsstücke — Strecken oder Winkel — ermitteln, welche nach den Grundsätzen der Plani-

Zahl der  
nötigen Be-  
stimmungs-  
stücke.

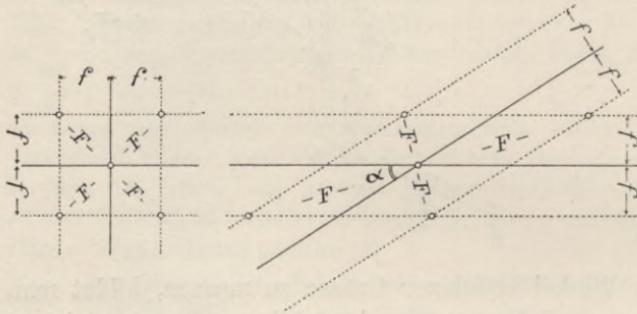
metrie nötig ist. Sie beträgt für ein Dreieck 3, für jede weitere Ecke 2 weitere, für das n-Eck allgemein  $(2n - 3)$  Stücke.

Auswahl der zu messenden Bestimmungsstücke.

Nun haften aber allen durch Beobachtung gefundenen Grössen Mängel und Unvollkommenheiten an, die im Vergleich zur Ausdehnung der Einzelgrösse vielleicht ohne Bedeutung sind, die aber je nach der Anordnung der fehlerhaften Stücke im Zusammenwirken das gesuchte Resultat — Figur oder Inhalt des n-Ecks — erheblich und ungünstig beeinflussen können.

Wenn z. B. ein Punkt durch den Schnitt zweier Kreisbögen sich bestimmt, deren Radien gemessen sind, so ist die Wirkung F etwaiger Messungsfehler  $f$  dieser Radien auf die Lage des Punktes eine wesentlich verschiedene, je nachdem die Kreisbögen sich unter spitzem oder rechtem Winkel schneiden.

Fig. 50.



Bezeichnet  $\alpha$  den spitzen Schnittwinkel zweier Kreisbögen, so ist (s. Fig. 50)

$$F_{\text{Max.}} = \frac{f}{\sin \frac{\alpha}{2}} \text{ in der Richtung der Halbierenden von } \alpha$$

$$\left( F_{\text{Min.}} = \frac{f}{\sin \frac{2R - \alpha}{2}} = \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}} \text{ senkrecht zur Halbierenden von } \alpha \right)$$

Für den Schnittwinkel  $\alpha = R$  wird  $F = f\sqrt{2}$ , für  $d = 0$  wird  $F_{\text{Max.}} = \infty$ .

Baut sich unter Benützung eines derart unrichtig festgelegten Punktes durch Bogenschnitt ein zweiter Punkt, auf diesen ein dritter etc. auf, so wird jeder folgende neben den Fehlern seiner eigenen Bestimmung noch diejenigen seiner Vorgänger enthalten und es werden durch Addition der an sich vielleicht kleinen Einzelfehler und ihrer Wirkungen schliesslich sehr merkbare und schädliche Abweichungen des Bildes von der wahren Gestalt sich ergeben.

Aufnahmehethoden.

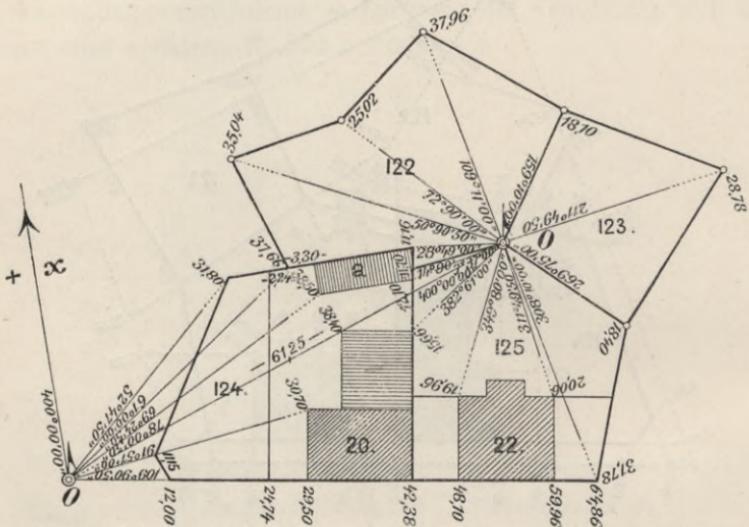
Dieses zwingt zu einer in der reinen Planimetrie nicht geübten Rücksichtnahme auf die Auswahl und Anordnung der Bestimmungsstücke, d. h. auf die Wahl passender Aufnahmehethoden.



fehler nicht bloss den einen Strahl, sondern alle weiteren darauf aufgebauten Strahlen verdrehen würde.

Ist einer der Eckpunkte der Figur als Nullpunkt, eine von ihm ausgehende Grenzlinie als x-Achse gewählt, so sind  $n - 1$  Strecken und  $(n - 2)$  Winkel, d. h. zusammen  $(2n - 3)$  Stücke zu messen. Wird ein beliebig gelegener Punkt als Ursprung gewählt, so braucht man  $n$  Strecken und  $n$  Winkel, also  $2n$  Stücke. (Der scheinbare Widerspruch gegen die eingangs geforderte Zahl von Bestimmungsstücken erklärt sich daraus, dass zur Festlegung der nicht der Figur angehörigen Aufnahmelinie und ihres Nullpunkts

Fig. 52.



drei Masse nötig sind.) Ist die aufzunehmende Figur sehr gross, oder die Zugänglichkeit erschwert, so kann man auch statt eines einzigen Ursprungs und Polarkoordinatensystems deren mehrere verwenden, die durch entsprechende Messungen (etwa nach der Einbindemethode, oder nach dem Polygonalverfahren, s. unter 3) in gegenseitige Verbindung gebracht werden müssen.

Die Messungsergebnisse werden bei dieser Methode nach pünktlicher Numerierung der Punkte entweder schematisch, oder mit Benützung einer Handskizze ins Feldbuch eingetragen.

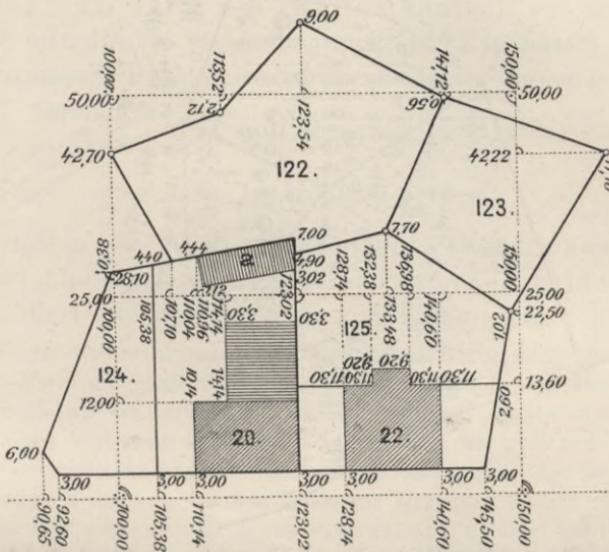
Rechtwinklige Koordinaten.

b) Rechtwinklige Koordinaten (s. Fig. 53, ferner, wenn die Diagonalen wegfallen, Fig. 66 und, als Beispiel der Verwendung mehrerer Achsen, Fig. 67).

Man legt eine Gerade (Aufnahmelinie, Abszissenachse) der Längsrichtung nach durch das aufzunehmende Gebiet, so dass sie möglichst nahe den aufzunehmenden Punkten verläuft (wenn mög-

lich durch zwei Grenzpunkte, oder, bei der Aufnahme langgestreckter Bauwesen, entlang deren Achsen und ihren Verlängerungen). Alsdann winkelt man die Eckpunkte der Figur an (fällt von jedem ein Lot auf die Linie) und misst entweder während des Fällens der Lote, oder — namentlich für Anfänger zweckmässiger — nachher zusammenhängend die Länge sämtlicher Lote (Ordinaten) und ihren gegenseitigen Abstand (Abszissen). Reicht eine einzige Aufnahmelinie nicht aus, so tritt an ihre Stelle ein System von solchen, welche entweder senkrecht bzw. parallel zueinander (s. Fig. 53), oder in beliebiger gegenseitiger Lage (s. Fig. 67) angeordnet werden. Die Messung

Fig. 53.



der Abszissen erfolgt statt einzeln (von Lotfußpunkt zu Lotfußpunkt), durchlaufend von einem beliebigen Anfangspunkt aus, weil andernfalls ein etwaiger Ablesefehler nicht bloss den betreffenden Punkt, sondern jeden folgenden verschieben würde, ähnlich wie bei den Richtungswinkeln der Polarkoordinatenmethode.

Da jeder Punkt nur bestimmt ist, wenn von ihm sowohl Ordinate als Abszisse (Koordinaten) gemessen werden, so ist die Zahl der nötigen Masse im  $n$  Eck nicht  $= 2n - 3$ , sondern  $= 2n$ . Auch hier sind nämlich, wie bei der Methode (2b), drei Masse nötig, um die Aufnahmelinie nach Richtung und Anfangspunkt in der Figur festzulegen.

3) Die **Polygonalmethode** (s. Fig. 54) verbindet die aufzunehmenden Punkte durch einen Linienzug, von welchem die Brechungswinkel je zweier aufeinanderfolgenden Strecken und die Längen der letzteren gemessen werden. (Zahl der nötigen unabhängigen Masse  $= 2n - 3$ .) Winkel und Strecken werden hier statt

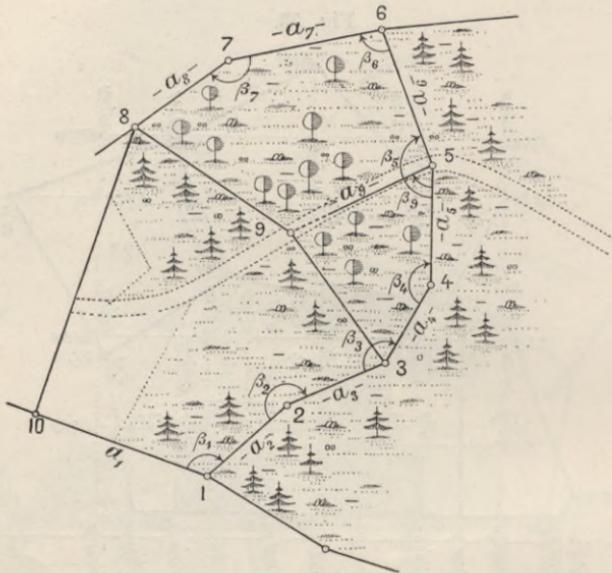
Polygonal-  
methode.

in einer Skizze meist in tabellarischer Form aufgezeichnet, weshalb die Eckpunkte mit Nummern zu versehen sind.

Nähere Bezeichnung der Eckpunkte.

Als aufzunehmender Eckpunkt der Figur gilt bei Marksteinen und Pflöcken (falls nicht besondere Merkmale, wie eingemeiselte Kreuze und Vertiefungen, eingetriebene Drahtstifte etc. hierfür massgebend sind) immer die vertikale Symmetralachse (Vertikalstellung daher nötig). Bei Hausecken gilt, je nach den betreffenden amtlichen Bestimmungen einzelner Staaten, der Hausgrund oder das Fundament.) In Württemberg dürfen laut Voll-

Fig. 54.



ziehungsverfügung zur Bauordnung Fussmauern (Sockel) bis zu 20 cm über die Baulinie auf die Strasse vorragen. Es gilt daher als Gebäudegrenze gegen die Strasse der Hausgrund, und zwar bei verputzten Fachwerksbauten die Aussenkante des Verputzes. Gegen fremdes Privateigentum dürfen Fussmauern etc. die Grundstücksgrenze natürlich nicht überschreiten.

Kontrollmasse.

Ausser den kleinen, unvermeidlichen Fehlern, deren möglichste Unschädlichmachung die Aufgabe der gewählten und daraufhin noch zu untersuchenden Aufnahmemethode ist, können sich bei den Messungen infolge äusserer Störungen, von Unachtsamkeit oder Ungewandtheit des Technikers etc. auch noch **grobe Fehler** (Zählfehler, Ablesefehler etc.) einschleichen. Sie sind noch verhängnisvoller als die ersteren, weil ein einziger von ihnen eine vollständige Verzerrung des dargestellten Bildes zur Folge haben könnte. Sie müssen daher unter allen Umständen erkannt und ausgemerzt

werden. Die nächstliegende Gegenmassregel, die Messung doppelt auszuführen, bietet hierzu kein sicheres Mittel, weil erfahrungsgemäss einmal gemachte Fehler sich gerne wiederholen. Man zieht es daher vor, andere Grössen, „Kontrollmasse“, zu ermitteln, welche zu den eigentlichen Bestimmungsmassen in bekannter — rechnerisch oder zeichnerisch zu prüfender — Beziehung stehen. Wie viele solcher Kontrollmasse und welche zur Aufdeckung etwaiger grober Fehler nötig sind, kann allgemein nicht gesagt werden. Durch passende Anordnung derselben sucht man mit möglichst geringem Arbeitsaufwand zu möglichst durchgreifender Sicherung zu kommen und stellt für wichtige Messungen kurz die Bedingung auf: Jedes Mass muss durch ein zweites kontrolliert sein. Zu- meist misst man direkte Verbindungsstrecken (Kopfmass) zwischen den aufgenommenen Punkten, wobei aber beachtet werden muss, dass bei ziemlich parallelem Verlauf derselben zur Abszissenachse die Ordinaten senkrechtem nicht, oder kaum kontrolliert werden. Abszissen

Wir stossen hier auf einen zweiten, wesentlichen Unterschied zwischen der praktischen und der reinen Geometrie — die letztere kennt keine Überbestimmung.

Ob wir die Kontrollmasse ihrer eigentlichen Bestimmung entsprechend lediglich als Warnungssignale für etwaige grobe Fehler in den Bestimmungsmassen, oder ob wir sie selbst als Bestimmungsmasse ansehen und weiterhin zur gegenseitigen Verbesserung durch Ausgleichung der zwischen ihnen bestehenden unvermeidlichen kleinen Widersprüche benützen, hängt von der verlangten Genauigkeit und von den zur Verfügung stehenden Mitteln ab. Die im letztgenannten Fall anzuwendende Ausgleichungsrechnung und mit ihr die Verwertung der Kontrollmasse über ihren ursprünglichen Zweck hinaus, steht ausserhalb des Rahmens gegenwärtigen Buches.

#### Vergleichende Würdigung der Aufnahmemethoden.

1) **Einbindemethode.** Vorzüge: Beschränkung auf die Anwendung einfachster Messgeräte (Stangen und Stäbe), welche überall in irgend welcher Form zur Verfügung stehen; erleichterte Möglichkeit systematischer Abstufung des Liniennetzes, „Übergang vom Grossen zum Kleinen“; Wahl der Messungslinien völlig frei, daher bequemes Anpassen an örtliche Verhältnisse, wodurch genaue Messung eher möglich; unreelles Drücken der durch Rechnung schwer kontrollierbaren Messungsgrössen auf dem Feld seitens unzuverlässiger Hilfskräfte ausgeschlossen, daher möglichste Messungszuverlässigkeit das einzige Mittel, um Übereinstimmung der beobachteten Masse bei der späteren Ausarbeitung zu erzielen; die hier ausschliesslich verwendeten Verlängerungen und Linienschnitte (sogen. „Abgänge“) sind, wenn nicht zu lange und zu schief schneidend, genauer, als die mit einem der vorherbeschriebenen Instrumente gefällten Lote. (Ausgenommen hiervon sind Verlängerungen von aus der Vertikalebene ausgewichenen alten Mauerflächen.)

Vergleichende Würdigung der Aufnahmemethoden.

Nachteile: Ungünstige Fehlerfortpflanzung bei schiefem Schnitt der bestimmenden Kreisbögen. Addition der Fehlerwirkung beim Aufbau mehrerer Dreiecke;

unsichere und komplizierte Konstatierung der Ursache von bei der Zeichnung erkannten Messdifferenzen und ihres Ortes (ob von Fehlern der Streckenmessung oder von der Ausbauchung abgesteckter Geraden herrührend); Verwendung der Kontrollmasse zur rechnerischen Verbesserung ihrer selbst und der übrigen Masse schwerfällig, zur Kontrolle nur zeichnerisch verwertbar; die selbständige Aufzeichnung eines bestimmten Teils der Aufnahme (einzelner Grundstücke etc.) ist nur nach vorausgegangener Kartierung eines ausgedehnten Netzes von Messungslinien, die zur verlangten Figur direkt in keiner Verbindung zu stehen brauchen, möglich; zur Wiederherstellung irgend eines verloren gegangenen Punktes (z. B. Grenzpunktes) ist immer ein zweiter aufgenommener Punkt nötig, über den die Aufnahmerichtung geht, und der aber möglicherweise selbst nicht vorhanden ist; die Flächenbestimmung ist ohne umständliche Hilfsrechnungen nur mit Benützung des Planes möglich, ebenso die Ermittlung etwaiger nicht direkt gemessener Strecken und Winkel.

2) **Koordinatenmethode.** a) Polarkoordinaten. Vorzüge: Etwaige grobe Strecken- oder Winkelfehler übertragen sich nicht auf weitere Aufnahme-teile, sondern erzeugen lediglich eine Verschiebung des durch das betreffende Mass bestimmten Punktes; die unvermeidlichen Messdifferenzen haben infolge rechtwinkliger Schnitte der Bestimmungslinie möglichst unschädliche Wirkung; in Verbindung mit der Polygonalmethode und unter Beschränkung auf geringe räumliche Ausdehnung der Einzelsysteme ist die Messung von Polarkoordinaten überall möglich (z. B. auch zur Aufnahme nur von einer einzigen Seite zugänglicher Höfe innerhalb von Häuserblöcken etc.); bei zweckmässiger Anordnung werden durch jedes Kontrollmass 4 Masse (2 Winkel und 2 Strecken) geprüft, daher geringe Zahl nötiger überschüssiger Masse.

Nachteile: Ohne häufigen Wechsel des Koordinaten-Ursprungs (Beschränkung auf kleine Gebiete) ist die Gesamtlänge der zu messenden Strecken unverhältnismässig gross, wenn es auch (was infolge von baulichen-, Kultur- oder Terrainhindernissen meist nicht zutrifft), möglich wäre, die aufzunehmenden Punkte anzuzielen; die sichere Wiederherstellung eines etwa verloren gegangenen Koordinatenursprungs und über ihn, der einzelnen von ihm aus aufgenommenen Punkte, ist um so schwieriger, je weniger ausgedehnt sein Aufnahmegebiet ist; zu jeder Arbeit ist die Verwendung komplizierter Winkelinstrumente erforderlich.

b) Rechtwinklige Koordinaten. Vorzüge: Etwaige grobe Ablese- oder Winkelfehler pflanzen sich nicht auf weitere Punkte fort, sondern erzeugen lediglich eine Verschiebung des durch das betreffende Mass aufgenommenen Punktes; unvermeidliche Messdifferenzen haben infolge durchaus rechtwinkliger Schnitte der Bestimmungslinien möglichst unschädliche Wirkung; zur Zeichnung, wie zur Wiederbestimmung einzelner etwa verloren gegangener aufgenommenen Punkte ist ein nur auf den betreffenden Teil sich erstreckendes Liniennetz erforderlich, das an Ort und Stelle um so leichter wieder herstellbar ist, je mehr noch vorhandene Punkte auf dasselbe bezogen sind; die spezielle Wiederbestimmung eines Punktes erfolgt völlig unabhängig von etwaigen weiteren Punkten derselben oder einer benachbarten Grenze; die rechnerische Feststellung von Flächen-, Strecken- und Winkelgrössen ist aus Originalmassen ohne Verwendung eines Planes auf elementar-mathematischem Wege möglich; die Kontrollmasse lassen sich nach Belieben zur rechnerischen oder zeichnerischen Prüfung, wie zur Ausgleichung der Messungsgrössen verwenden.

Nachteile: Wenig ausgeprägte Gliederung des Liniennetzes; gebundene Messungsrichtung und damit Erschwerung, Verteuerung und Genauigkeitseinbuss

bei den Streckenmessungen; geringe Möglichkeit, das Liniennetz abnormen Begrenzungsformen anzupassen, daher häufig lange und ungenaue Lote; Unanwendbarkeit in überbautem Gelände und im Wald; mangelnde Identität der zur Flächenbestimmung und zur etwaigen späteren Grenzwiederherstellung dienenden Masse — der Koordinaten einer-, der Kopfmasse andererseits; Leichtigkeit, Kontrollmasse statt durch Messung durch Rechnung zu gewinnen (unzuverlässige Hilfskräfte!).

3) **Polygonalmethode.** Vorzüge: Anwendung überall möglich, weil die Aufnahmelinien (Polygonseiten) der Bodeneinteilung und Geländeform sich am leichtesten anpassen lassen; durchgreifende Kontrolle schon bei einem einzigen überschüssigen Stück im Polygon wenigstens summarisch vorhanden; Messungsgenauigkeit und -Bequemlichkeit wegen der leichten Anpassung an Geländeform etc. am grössten.

Nachteile: Zur Aufnahme, wie zur etwaigen späteren Wiederherstellung verloren gegangener Punkte sind kompliziertere Winkelinstrumente nötig. Der Zeitaufwand ist verhältnismässig gross, schon in Rücksicht auf die nötige rechnerische Ausnützung der gemessenen Grössen. Die Fehlerfortpflanzung ist die denkbar ungünstigste, insofern ein einziger Streckenfehler den ganzen ferneren Zugteil parallel verschiebt, ein Winkelfehler denselben sogar verschwenkt.

**Praktische Ausführung ausgedehnterer Aufnahmen.** Von den vorgeführten Methoden wird keine in ihrer reinen Form und ausschliesslich angewandt. Man zieht vielmehr gemischte Methoden vor, bei welchen je nach den zur Verfügung stehenden Mitteln und Instrumenten, nach den der Aufnahme sich entgegenstellenden Hindernissen, der Ausdehnung, nötigen Genauigkeit und dem Zweck der Messung, bei Aufnahmen endlich, die öffentlichen Zwecken dienen sollen, nach etwaigen zu beobachtenden amtlichen Vorschriften, mehr die eine oder die andere überwiegt.

Praktische Ausführung der Feldaufnahmen.

Ist das aufzunehmende Gebiet räumlich weit, z. B. über ein ganzes Land ausgedehnt, so tritt überdies eine Gliederung der Aufnahme ein. Man schafft sich als erste Grundlage nach Art der Einbindemethode und vom Grossen zum Kleinen (von Seiten von 100 km bis zu solchen von ca. 1 km) herab abstufend ein Netz von Dreiecken, von denen man jedoch nur eine oder wenige Seiten (und auch diese nur mittelbar) misst, während man die übrigen Streckenlängen, unter Verwendung feiner Winkelinstrumente (Theodolite), aus Winkelgrössen ableitet. Dieses Dreiecksnetz bildet den Rahmen für die richtige Situierung der einzelnen Aufnahmeobjekte.

Gliederung bei ausgedehnten Aufnahmen.

Dreiecksnetz.

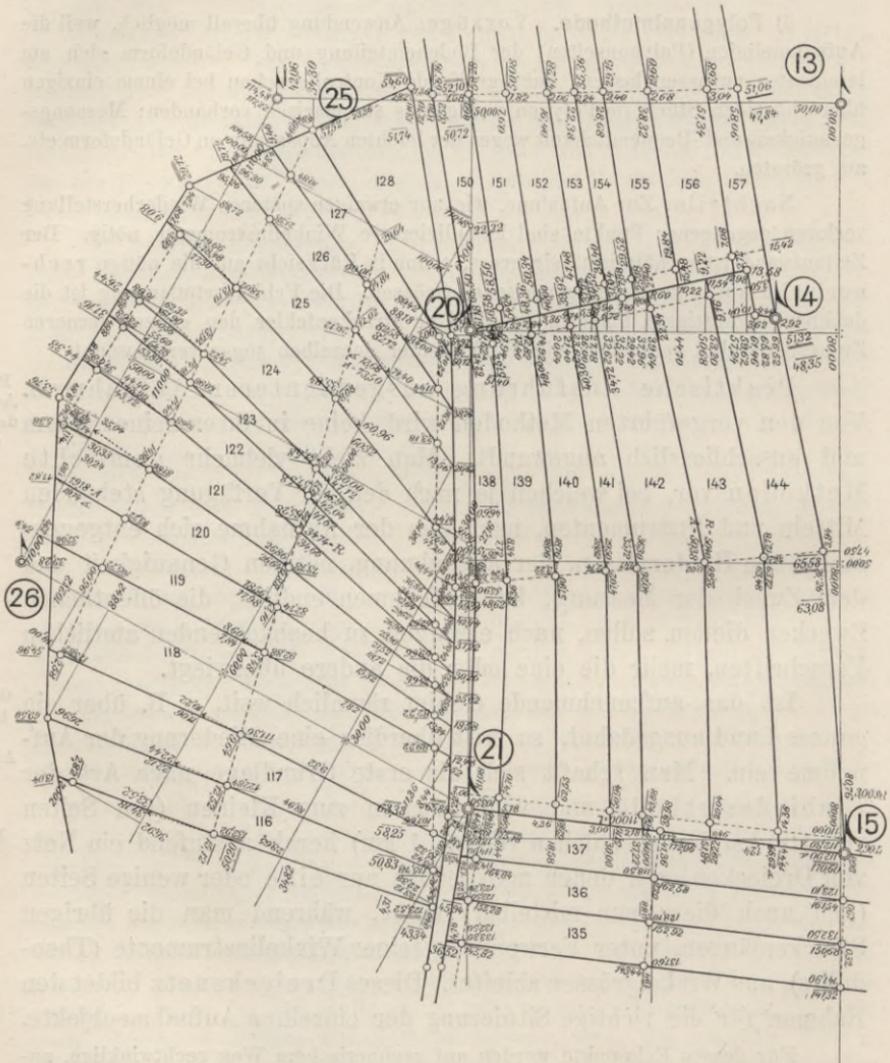
Für dessen Eckpunkte werden auf rechnerischem Weg rechtwinklige, zunächst sphärische Koordinaten (in der Regel in bezug auf einen durch das Aufnahmegebiet gehenden Meridian als x-Achse und einen seiner Punkte als Ursprung) gewonnen. Die geographische Festlegung dieser Achse und die Berechnung der auf sie bezogenen Koordinaten für die Dreieckspunkte liegt ausserhalb des Rahmens vorliegenden Buchs.

Da, wo die gegenseitige Entfernung der auf diese Weise ihrer geographischen Lage nach bestimmten Dreieckspunkte (im Hinblick auf

Polygonisierung.

Geländeform, Kulturart und Fortpflanzung unvermeidlicher Messungsfehler) noch zu gross ist, um mit ihnen die aufzunehmenden Gegenstände (Grenzpunkte etc.) genügend zuverlässig auf dem Weg der Stückvermessung direkt in Verbindung setzen zu können, werden

Fig. 55.



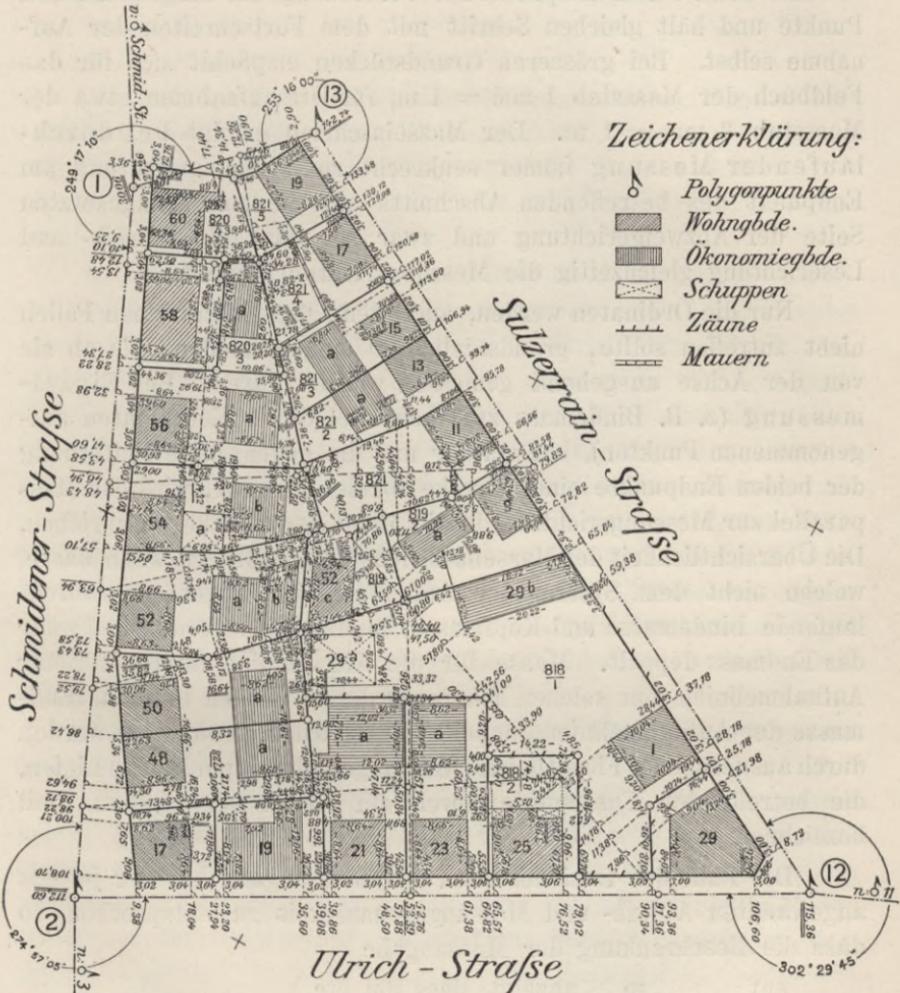
weitere Stützpunkte höherer Ordnung auf dem Weg der Polygonisierung geschaffen. Dies geschieht, indem man je zwei benachbarte Dreieckspunkte durch passend geführte Züge geradliniger, aneinander anschliessender Strecken (Polygonseiten) von 100 bis 200 m Länge verbindet, deren Längen und Brechungswinkel mit entsprechender Genauigkeit gemessen werden.

Auch für diese Brechungspunkte, „Polygonpunkte“ (♁ 13, 14 etc. in Fig. 55 und ♁ 12, 13 etc. in Fig. 56) werden die rechtwinkligen Koordinaten in bezug auf das fürs Dreiecksnetz gewählte Koordinatensystem rechnerisch abgeleitet.

Auf die Polygonseiten baut sich endlich die „Stückvermessung“ geometrisch auf, unter Benützung parallel oder senkrecht zu ihnen

Stück-  
vermessung.

Fig. 56.



verlaufender Aufnahmelinien (Parallelmethode, s. Fig. 53 und 55), oder besser unter Benützung beliebiger in die Polygonseiten eingebundener Geraden (Einbindemethode, s. Fig. 56).

Die Feldresultate der Stückvermessung (Masszahlen, Aufnahmelinien, Grenzlinien und -Punkte, Angabe der Kulturen, der Eigentümer, topographische Einzelheiten, Datum der Aufnahme, an

Feldbuch.



## § 6. Zeichnung von Plänen.

### a) Zeichnung nach direkten Aufnahmemassen.

Bei der Aufzeichnung geodätischer Aufnahmen kann es sich nur um verkleinerte Bilder des darzustellenden Gebiets handeln, wobei die Verjüngung, je nach dessen Ausdehnung, dem Zwecke des Plans und etwaigen zu beachtenden amtlichen Vorschriften eine verschiedene ist. (1 : 100, 1 : 200, 1 : 250, 1 : 500, 1 : 1000, 1 : 1250, 1 : 2000, 1 : 2500, 1 : 5000.)

Ver-  
jüngungs-  
verhältnis.

Da auf die Genauigkeit der Zeichnung namentlich da viel ankommt, wo Projekte und Eigentumsfeststellungen sich darauf gründen sollen, und diese von der Güte der Zeichenhilfsmittel wesentlich abhängt, so mögen zunächst die elementarsten derselben kurz betrachtet werden.

α) Das Lineal, längs dessen Kante mit dem geschärften Bleistift oder der Zirkelspitze Gerade gezogen werden, muss selbst gerade sein (Prüfung durch Ziehen eines Strichs längs der Linealkante, alsdann Umlegen des Lineals, so dass es auf der vorherigen Oberfläche ruht und jeder seiner Punkte der Länge nach seine erste Lage wieder einnimmt. Der längs der Linealkante jetzt zu ziehende Strich muss den ersten in allen Punkten decken. Etwaige Abweichung zeigt den doppelten Fehler). Es soll sich ferner völlig dem Zeichentisch anschmiegen (biegsam sein), weil ein wechselnder Abstand der Linealkante von der Zeichnung infolge von Tisch-unebenheiten sogar bei senkrechter Bleistifthalung Ausbauchungen der Geraden zur Folge hat, wegen der konischen Form der Bleistiftspitze.

Lineal.

Zum Abmessen von Strecken auf dem Plan verwendet man meistens

β) den Zirkel (Hand-, Stangen-, Reduktionszirkel), dessen beiden gehärteten und möglichst spitz gehaltenen Enden der betreffende Abstand gegeben wird. Wichtig ist ein gleichmässiger, nicht allzu schwerer Gang der Zirkelfüsse. Stehen die beiden Enden schief auf dem Papier auf, so wird das leiseste Eindringen derselben einerseits eine Erweiterung der Zirkelstiche, andererseits die Entfernung der Zirkelspitzen hervorrufen. Je schiefere die Zirkelspitzen, um so grösser der Fehler, zumal bei etwas gewelltem Papier. Es ist deshalb vor jedem Einstechen eines Punktes die betreffende Zirkelspitze senkrecht zur möglichst eben gerichteten Papierfläche zu bringen. Um dies zu erleichtern, sind die Zirkel gegen die Spitze meist etwas einwärts gebogen, so dass die Spitzen bei mittlerer Endentfernung normal zur Papierfläche stehen. Grössere

Zirkel.

Strecken als etwa 1 dm sollten mit gewöhnlichen Handzirkeln nicht direkt abgegriffen werden.

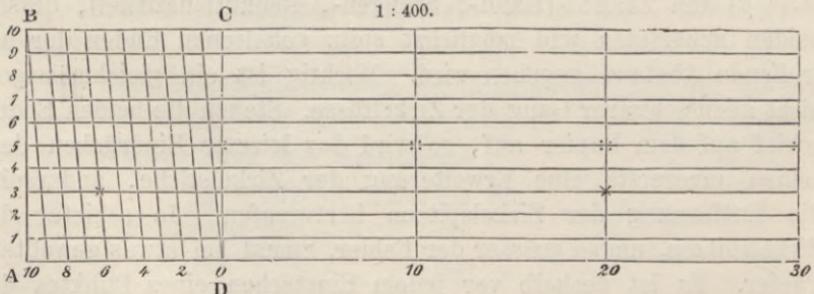
In Rücksicht hierauf sind Stangenzirkel zum Abgreifen grosser Strecken vorzuziehen, deren beide parallele Füsse auf einer Stange verschiebbar senkrecht und so angeordnet sind, dass sie mittels Schrauben und Federn genau eingestellt und in ihrer Lage festgehalten werden können. Nur hält es schwer, sie so zu konstruieren, dass Federungen der Stange und der Zirkelspitzen nicht vorkommen. Wo die Arbeit dies zulässt, ist es zweckmässiger, auf die Benützung des Stangenzirkels überhaupt zu verzichten (dieselbe auf die Zeichnung etwa vorkommender Kreisbögen, wenn Kurvenlineale fehlen, zu beschränken) und mittels einer feinen Nadel nach einer dünnen, oder prismatisch abgeschrägten, geteilten Linealkante die Hauptmasse einzusteichen, deren weitere Unterteilung mittels Handzirkels vorgenommen wird. Kartierungsinstrumente (Koordinatographen) mit senkrechter Nadelführung und Noniuseinrichtung zum genauen Einstellen und Ablesen ermöglichen eine wesentliche Steigerung der Zeichengenauigkeit. Wegen der nicht ganz unbedeutenden Anschaffungskosten und der zu ihrer Anwendung nötigen speziellen Übung sind sie aber bis jetzt zu wenig verbreitet, als dass hier näher darauf einzugehen wäre.

Zeichen-  
massstäbe.

γ) Massstäbe aus Holz, Glas oder Metall, mit einfacher oder Transversalteilung, die, um Rechenarbeit zu sparen, nach Grösse der Teile wie nach Bezifferung dem jeweiligen Verjüngungsverhältnis  $1 : v$  entsprechen; z. B. stellt im Massstab  $1 : 500$  1 m Planmass 500 m in Wirklichkeit vor, also 1 m wirkliches Mass wird durch  $\frac{1}{500}$  m = 2 mm, 10 m durch 20 mm Planmass dargestellt. Der Endpunkt letzterer Strecke des Massstabs wird nicht mit „20 mm“, sondern mit „10 m“ bezeichnet.

Fig. 57.

1 : 400.



Der Transversalmassstab soll das Einschätzen von Unterteilen überflüssig machen, bezw. verfeinern. Zu diesem Zweck besteht er aus 11 in beliebigem aber gleichem Abstand gezogenen Parallelen, welche in Abständen von je 10 m wirkliches, also  $\frac{10}{v}$  m Planmass durch senkrechte Gerade geschnitten werden. Das

von der 0-Linie links liegende Endstück DA bzw. CB von 10 m (bzw. u. U. 100 m oder 1 m), wird auf der 0ten und 10ten Linie in 10 Teile geteilt, deren Endpunkte von unten nach oben je um einen Teil ansteigend verbunden werden. Nach der Lehre von den Proportionen kann man derart direkt Zehntel und durch Einschätzung noch Hundertel eines Teils abgreifen. Z. B. zeigt die in Fig. 57 durch Kreuzchen begrenzte Strecke das Mass 26,30 m im Massstab 1:400. Um cm abzugreifen sind die Zirkelspitzen in geschätztem Parallelabstand zwischen diejenigen 2 Parallelen einzusetzen, welche den nächstgelegenen dm entsprechen.

Die Massstäbe sind derart zu teilen, dass sie bei mittlerer Zimmertemperatur die betreffenden Längen darstellen.

δ) Zum Fällen von Loten auf dem Papier dienen Schieb-dreiecke aus Holz, Zelluloid oder Metall, die auf die Richtigkeit des rechten Winkels ganz ebenso geprüft werden, wie die Winkel-instrumente auf dem Feld, nämlich durch zweifaches Abtragen des Instrumentenwinkels nach derselben Seite einer Geraden und zwar das einmal rechts und das anderemal links eines auf ihr liegenden Punktes. Dabei wird, um möglichst lange Anlage zu haben (falls nicht die Reisschiene zur Anwendung kommt), die Hypotenuse (und nicht eine Kathete) angelegt und nachdem ein zweites Schieb-dreieck, oder ein Lineal an der linken Kathete satt angeschoben wurde, die bisher rechts liegende Kathete mit diesem zur Berührung gebracht. Die Hypotenuse bezeichnet alsdann den gesuchten Winkel-schenkel. Ist (bei grossen Plänen) das zu fallende Lot länger, als eine Seite der zur Verfügung stehenden Schiebdreiecke, so kann man mittels Stangenzirkels von dem Lotfusspunkt aus nach beiden Seiten der Geraden gleiche Strecken abtragen und aus deren End-punkten als Mittelpunkten Kreise mit gleichen Radien beschreiben, deren Schnittpunkt ein Punkt des gesuchten Lots ist. Kommen mehrere derart lange, grundlegende Lote vor, so wird gleichwohl bloss ein einziges von ihnen gefällt und beim übrigen Netz durch Abtragen der entsprechenden Längenmasse dafür gesorgt, dass die Linien parallel jenen grundlegenden beiden Geraden sind, gleich-gültig ob es bei letzteren wirklich gelungen ist, oder nicht, sie genau senkrecht zueinander zu richten.

Schieb-dreiecke.

ε) Winkel beliebiger Grösse werden mittels Transporteurs (s. Fig. 58), oder nach Zurückführung auf spitze Winkel (durch Verlängerung eines Schenkels, oder Lot auf demselben) genauer mittels Sehnen- oder Tangentenlängen  $s$  bzw.  $a$  aufgetragen (s. Fig. 59). Letztere Werte sind für den Radius  $r = 1$  bzw. Kathete  $b = 1$  entsprechenden Tafeln zu entnehmen (z. B. Gauss, 5stellige log. Tafeln, Tafel VII).

Trans-  
porteur.  
Sehnen-,  
Tangenten-  
tafeln.

Die Planzeichnung beginnt mit dem Auftragen des grundlegenden Netzes, innerhalb dessen nach dem Grundsatz der

Netz-  
zeichnung.

„Arbeit vom Grossen zum Kleinen“ zunächst die Aufnahmelinien und dann erst die auf sie bezogenen Einzelobjekte eingetragen werden.

Die Grundlage für die Zeichnung ausgedehnter Aufnahmen, bei welchen einheitliche Koordinaten für die Haupt- (Dreiecks- oder Polygon-) Punkte rechnerisch ermittelt wurden, bildet ein mit

Fig. 59.

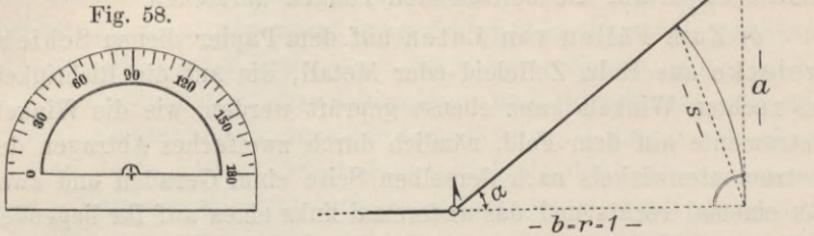


Fig. 58.

grösster Genauigkeit entworfenes Quadratnetz, dessen Seiten Parallelen zu den Koordinatenachsen in runden Abständen darstellen. Die Orientierung und die Anlage dieses Quadratnetzes mag hier, als den Rahmen des vorliegenden Buchs überschreitend, übergangen werden.

Bei kleineren Aufnahmen, die direkt auf Grund der Messungsgrössen aufgezeichnet werden, tritt an Stelle des Koordinatennetzes das Netz der Aufnahmelinien, dessen Umfang (Dreieck, Viereck, Fünfeck etc.) zuerst mit möglichster Schärfe gezeichnet wird. Sodann werden die längeren Umfangsseiten in passende Unterabteilungen von rundem Längenmass (etwa 1 dm wirklicher Länge) in der Weise zerlegt, dass von den Messungsendpunkten aus das Mass nach der nächstliegenden runden Abteilungsgränze vorwärts oder rückwärts abgetragen und die Streckenlänge zwischen ihr und dem gezeichneten Anfangspunkt der Messung in die nötige Zahl gleicher Teile zerlegt wird. Diese Teilpunkte haben den Zweck, etwaige Papiereingänge, oder kleine Zeichnungsungenauigkeiten im Netz derart zu verteilen, dass sie nirgends zu schädlichen Beträgen sich häufen. Von ihnen, und nicht vom Anfangspunkt aus, werden die auf den Abszissen abzutragenden Einzelpunkte der Stückvermessung, entsprechend ihren Masszahlen, eingezeichnet. Ganz ebenso verfährt man mit den von Netzlinie zu Netzlinie durchbindenden untergeordneten Aufnahmelinien, deren Lage sich stufenweise durch geradlinige Verbindung je zweier auf den Netzlinien eingezeichneten Abzweigepunkte ergibt. Sämtliche Kontrollmasse müssen durch Abgreifen geprüft werden.

Papierveränderung.

Detailzeichnung.

Bei genügender Sorgfalt und Übung lässt sich eine mittlere Zeichengenauigkeit von  $\frac{1}{10}$  mm Fehler pro Punkt erreichen.

Für die Ausführung der Reinzeichnung bestehen, soweit die Pläne amtlichen Zwecken zu dienen haben, in den einzelnen Staaten Vorschriften, die übrigens im wesentlichen übereinstimmend lauten. Hiernach sind etwa:

Farben-  
behandlung  
des Plans.

Wasserläufe preussisch-blau mit blauer Kolorierung, oder mit Wasserlinien,

bestehende Eigentumsgrenzen kräftig schwarz mit kleinen schwarzen Kreischen, oder Quadrätchen für die Marksteine,

alte, herausfallende Eigentumsgrenzen fein schwarz mit kleinen schwarzen Kreischen, oder Quadrätchen für die Marksteine,

neu entstehende Eigentumsgrenzen kräftig rot mit kleinen roten Kreischen, oder Quadrätchen für die Marksteine auszuziehen,

alte, bzw. neu entstandene Kulturgrenzen schwarz bzw. rot zu punktieren.

Die Gebäudegrundflächen werden schwarz (Tusche mit etwas Indigo), bei Unterscheidung zwischen Wohn- und Betriebsgebäuden dagegen rot bzw. gelb koloriert, ihre Grenzlinien fein schwarz ausgezogen.

Bei Projekten (Gebäude, Baulinien, Strassen, Eisenbahnen etc.) werden die Grenzlinien rot ausgezogen, die Flächen rot koloriert, oder bandiert und die Masse rot eingeschrieben.

Genehmigte Baulinien werden blau ausgezogen (in derselben Farbe erfolgt die Angabe der Genehmigungsurkunde) und mit Sepia-streifen gebändert.

Bauverbot genehmigt wird blau ausgezogen und grün gebändert.  
projektiert wird rot

Vorgärten genehmigt werden blau ausgezogen und grün koloriert.  
projektiert werden rot

Aufgehobene Baulinien werden gelb ausgezogen und gelb gebändert.

Der Einschrieb der Aufnahmsmasse, der Eigentümernamen, von Orientierungspfeil, Massstab, Namensunterschrift und Datum erfolgt in schwarzer,

der Einschrieb der Gebäude-, Grundstücks-, Weg-, Wasser-, Eisenbahnnummern in roter Farbe.

Bäume werden mit schwarzen Ringen bezeichnet und indisch-gelb koloriert mit grüner Abtönung.

Die verschiedenen Kulturarten werden entweder blau in Worten eingeschrieben, oder durch Farbenbänder begrenzt, und zwar

Äcker gelb,

Wiesen hellgrün (indisch-gelb und preussisch-blau),

Gärten grün (indisch-gelb und preussisch-blau),  
Wälder dunkelgrün (indisch-gelb und preussisch-blau),  
Weinberge Neutraltinte.

Einschnittsböschungen werden mit Sepia, Auffüllungsböschungen grün mit schwarzer Abtuschung,

Chaussierte Strassen und Erdwege indisch-gelb,  
Pflasterflächen (Kandel, Strassenkreuzungen etc.) mit Neutraltinte,  
Gehwege (Asphalt, Platten etc.) mit Neutraltinte und etwas Tusche,  
bekieste Gehwege mit gebrannter Sienna koloriert.

Zeitraubender, aber allgemein verständlicher ist die Darstellung durch Kulturenzeichnung, wie sie u. a. für die württembergischen Katasterpläne angewandt wird. (Vergl. Beilage am Schluss des Buchs.)

Einschrieb  
der  
Aufnahme-  
masse.  
Planaus-  
fertigung.

Je nach dem Zweck des Plans werden die Aufnahmemasse ganz, teilweise, oder gar nicht eingetragen.

Jeder Plan hat die Namen der Grundstückseigentümer, die Parzellennummern und Kulturarten, ein Orientierungszeichen, einen Massstab im beliebig gewählten oder vorgeschriebenen Verjüngungsverhältnis des Plans und die Unterschrift des Planfertigers mit Datum zu enthalten.

### b) Kopie, Vergrösserung, Verkleinerung von Plänen.

Kopie.

α) Kopie. Das einfachste Kopierungsverfahren stellt das Durchpausen auf Ölpapier dar.

Soll die Kopie auf Zeichenpapier gefertigt werden, so kann man die zu übernehmenden Punkte entweder von der Pause, oder auch direkt vom Originalplan mittels feiner Kopiernadeln durchstechen. Letzteres Verfahren hat jedoch den Nachteil, dass der Originalplan leicht dabei notleidet.

Zur Kopierung von Plänen mit vielen und unregelmässig begrenzten Einzelheiten (topographische Pläne etc. in kleinem Massstab) eignet sich ein engmaschiges, durch entsprechende Linien- oder Farbenunterscheidung möglichst übersichtlich gestaltetes Quadratnetz, das einerseits auf Pauspapier gezeichnet auf den Originalplan aufgelegt, andererseits in gleicher Grösse auf dem für die Kopie bestimmten Zeichenbogen in Blei entworfen wird. Der Übertrag innerhalb der einzelnen quadratischen Felder kann dann mit freiem Auge oder mittels einfacher Hilfsmittel (Zirkel, Pauseverfahren etc.) erfolgen.

β) Vergrösserung oder Verkleinerung im Verhältnis  $m:n$ .

Massstab-  
veränderung  
mittels  
Quadrat-  
netzes.

Statt die beiden soeben verwendeten Quadratnetze kongruent zu zeichnen, kann man auch die Seiten des zur Kopie bestimmten Netzes auf den  $\frac{m}{n}$  ten Teil derjenigen des ersten reduzieren. Die

Übertragung innerhalb der reduzierten Felder wird dann nach freiem Auge, oder einem mechanischen Verfahren bewirkt (Fig. 60a u. 60b).

Auf den Sätzen der Ähnlichkeitslehre beruhen folgende Verfahren: Befestigt man das für die gewünschte Figur bestimmte Zeichenblatt so auf dem Originalplan, dass die Figur des letzteren frei bleibt und zieht irgend eine Strecke der gewünschten Reduktion mittels Schiebdreiecks parallel zu ihrer homologen im Original, so müssen alle übrigen homologen Strecken beider Figuren ebenfalls einander parallel sein. Man braucht daher nur durch die beiden Endpunkte der

grundlegenden Strecke, deren Länge irgendwie  $= \frac{m}{n}$  der homologen Strecke des Originals gemacht wurde, Parallele zu entsprechenden Grenzlinien, oder Diagonalen des Originals zu ziehen, so ergeben

Verwendung eines Ähnlichkeitspunktes.

Fig. 60a.

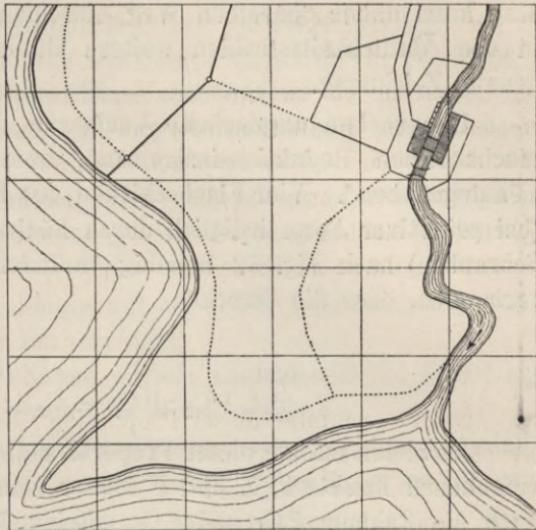
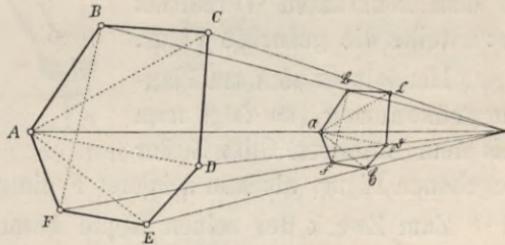


Fig. 60b.



Fig. 61.



sich die einzelnen Ecken der Abbildung als Schnittpunkte homologer Parallelen. Im Falle schiefen Schnittes und zur Zeichenprobe kann man von Zeit zu Zeit eine Strecke  $= \frac{m}{n}$  ihrer Originallänge auf dem parallel gezogenen Strahl abtragen.

Wählt man irgend einen Punkt der Zeichenebene als Ähnlichkeitspunkt und verbindet ihn mit den Ecken der gegebenen Figur (s. Fig. 61),

so liegen auf diesen Verbindungslinien, oder ihren Verlängerungen die homologen Ecken der zu zeichnenden ähnlichen Figur. Ihre Entfernungen vom Ähnlichkeitspunkt stehen in demselben Verhältnis  $m:n$  wie die Seiten, überdies sind homologe Seiten parallel. Man kann daher denselben Weg einschlagen wie vorhin und hat in den Ähnlichkeitsstrahlen weitere Hilfsmittel für bequeme und genaue Zeichnung.

Storch-  
schnabel  
(Panto-  
graph).

Das soeben angegebene Verfahren führt zu einem einfachen mechanischen Reduktionsinstrument, dem „Storchschnabel“ oder „Pantographen“. Vier Flachsienen aus Holz oder Metall werden (bei primitiver Form lediglich durch Löcher und durchzusteckende Schrauben) nach Fig. 62 beliebig veränderlich derart miteinander verbunden, dass die Strecken

$$C_2 Z = C_1 C_3$$

$$C_1 C_2 = C_3 Z$$

$$\text{und } PC_2 : PC_1 = C_2 Z : C_1 F = m : n.$$

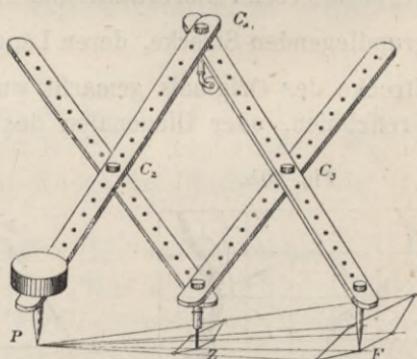
Es bilden infolge dieser Proportion die mit senkrechten Stiften versehenen Punkte  $P$ ,  $Z$  und  $F$  immer eine Gerade, welche Winkel auch die Rahmen  $PC_1$  und  $FC_1$  miteinander einschliessen mögen. Stellt man daher einen dieser Punkte, z. B. den Polstift  $P$  irgendwo fest, und umfährt mit einem zweiten, etwa dem Fahrstift  $F$  eine beliebige Figur, so beschreibt der Zeichenstift  $Z$ , der den Ähnlichkeitsstrahl  $PF$  in dem konstanten Verhältnis  $m:n$  teilt, die gesuchte Figur.

Handelt es sich um Planvergrößerung, so folgt man mit dem mittleren Stift  $Z$  der gegebenen Figur, alsdann zeichnet  $F$  die gewünschte Vergrößerung.

Zum Zweck der reinen Kopie kann man  $Z$  feststellen. Umfährt man dann mit  $P$  die Figur, so liefert der Zeichenstift  $F$  das symmetrische Bild der ersteren.

Die mancherlei und stetig sich vervollkommnenden Verfahren zur mechanischen Vervielfältigung und Reduktion von Plänen (Lichtpause, Hektographie, Autographie, Photographie etc.) können, so gross auch ihre Bedeutung für den Techniker ist, innerhalb des hier gegebenen Raums nicht besprochen werden.

Fig. 62.



## Kapitel III.

### Flächenberechnung.

Die Ermittlung der Flächengrößen ist bei Horizontalmessungen häufig das Endziel der Aufnahmen, bei Vertikalmessungen, wo es sich zuweilen um Verwendung von Querprofilflächen zur Berechnung von Körperinhalten handelt, Mittel zum Zweck. Je nach den der Flächenberechnung zugrunde zu legenden Bestimmungsmitteln unterscheiden wir zwischen

Zweck.

- 1) der Flächenberechnung aus (gemessenen oder berechneten) Masszahlen „Berechnung aus Originalzahlen ohne Planbenützung“;
- 2) der Flächenberechnung mit teilweiser Benützung des Plans „halbgraphische Berechnung“;
- 3) der Flächenberechnung mittels ausschliesslicher Benützung des Plans „reingraphische Berechnung“.

Als Flächeneinheit gilt das Quadrat über der Längeneinheit, in Deutschland also das Quadratmeter, wobei  $1 \text{ qm} = 100 \text{ qdm} = 10\,000 \text{ qcm} = 1\,000\,000 \text{ qmm} = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ qkm}$ .

#### § 7. Flächenberechnung aus Originalzahlen.

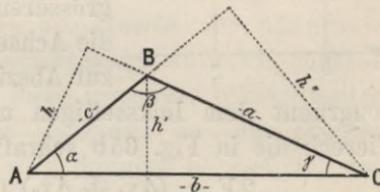
Die einfachste geschlossene Figur ist das Dreieck. Dessen Form und Grösse ist bestimmt:

Fläche des Dreiecks,

- 1) Aus zwei Seiten und dem eingeschlossenen Winkel und man hat für die doppelte Fläche (siehe Fig. 63)

$$\begin{aligned} 2F &= ab \sin \gamma \\ &= bc \sin \alpha \\ &= ca \sin \beta. \end{aligned}$$

Fig. 63.



- 2) Aus einer Seite und zwei anliegenden Winkeln und man hat für die doppelte Fläche

$$\begin{aligned} 2F &= \frac{a^2}{\text{ctg } \beta + \text{ctg } \gamma} \\ &= \frac{b^2}{\text{ctg } \gamma + \text{ctg } \alpha} \\ &= \frac{c^2}{\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \beta} \end{aligned}$$

- 3) Aus drei Seiten und man hat für die Fläche

$$F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)},$$

wo s den halben Umfang vorstellt.

Ohne Kenntnis der speziellen Form lässt sich aber der Drei-

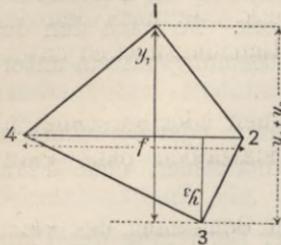
ecksinhalt auch berechnen aus Grundlinie und zugehöriger Höhe; und man hat

$$2F = ah = bh' = ch''.$$

Fläche des Vierecks.

Der Inhalt des Vierecks wird am einfachsten berechnet als Summe zweier Dreiecke nach den soeben kennen gelernten Regeln, oder aus den Koordinaten der Eckpunkte in bezug auf ein beliebiges Koordinatensystem. Wählt man eine Diagonale  $f$  als Abszissenachse, einen Eckpunkt als Ursprung, so ergibt sich der Flächeninhalt am bequemsten (Fig. 64)

Fig. 64.



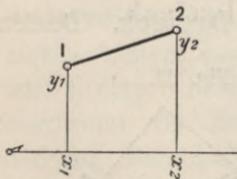
$$2F = fy_1 + fy_3 = f(y_1 + y_3).$$

Eine häufig auftretende Form des Vierecks, namentlich bei der Aufnahme nach rechtwinkligen Koordinaten, ist das Trapez, dessen beide Parallelseiten (Ordinaten) senkrecht stehen auf einer der andern (Abszisse). Man hat hier (s. Fig. 65 a)

$$2F = (y_1 + y_2) \cdot (x_2 - x_1) = \Sigma y \cdot \Delta x.$$

Liegen die Ordinaten auf verschiedenen Seiten der Achse (s. Fig. 65 b), so versteht man unter dem Inhalt des (verschränkten)

Fig. 65 a.



Trapezes immer die Differenz (nicht Summe) der beiden entstandenen Dreiecke. Der Inhalt ergibt sich als Trapez, wenn man die kleinere Ordinate (hier  $y_1$ ) vom Endpunkt der grösseren (hier  $y_2$ ) aus in der Richtung gegen die Achse abträgt. Das durch eine Parallele zur Abszisse abgeschnittene Dreieck ist dann

kongruent dem linksseitigen und es bleibt für das verschränkte Viereck die in Fig. 65 b schraffierte Fläche

$$2F = (\Delta x_1 + \Delta x_2) \text{ (absolut } y_2 - \text{ absolut } y_1).$$

Führt man statt der absoluten Strecken  $y_1$  und  $y_2$  deren algebraische Längen ein und behaftet, wie S. 29 konsequent die nach links gehenden Ordinaten mit einem  $-$  Zeichen, so wird

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

vollkommen übereinstimmend mit dem Inhalt des normalen (nicht verschränkten) Trapezes.

Fläche des Vielecks.

Ein beliebiges Vieleck, dessen Eckpunkte durch rechtwinklige Koordinaten aufgenommen sind (s. Fig. 66), wird durch die Ordinaten und die Abszissenachse in lauter Trapeze (eventuell rechtwinklige Dreiecke) zerlegt, deren Flächensumme den Gesamtinhalt der Figur ergibt.

Ist ein Plan vorhanden, in dem die Koordinaten der Eckpunkte eingeschrieben sind, so lassen sich ihm die Paralleleseiten (Ordinaten) und ihr senkrechter Abstand (Abszissendifferenz) der einzelnen Trapeze samt deren Vorzeichen direkt entnehmen und man braucht bei verschränkten Trapezen bloss zu beachten, dass deren Inhalt <sup>negativ</sup> zu nehmen ist, wenn die grössere Ordinate <sup>ausser-</sup><sub>inner-</sub>halb der zu berechnenden Figur fällt. (Beispiel s. S. 74/75).

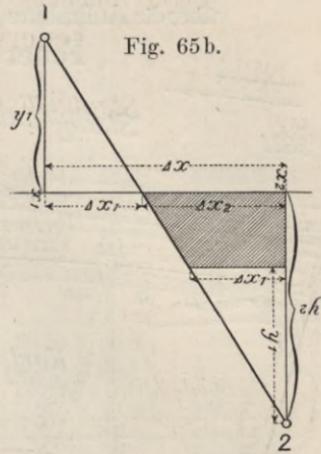


Fig. 65b.

Behaftet man die nach links gerichteten Ordinaten und die rückwärts gerichteten Abszissen mit dem Vorzeichen minus und bildet die nötigen Ordinatensummen und Abszissendifferenzen nach rein algebraischen Regeln, so erhält man ohne Benützung einer Figur allgemein gültig:

$$2F = (y_1 + y_2)(x_2 - x_1) + (y_2 + y_3)(x_3 - x_2) + \dots + (y_{n-1} + y_n)(x_n - x_{n-1}) + (y_n + y_1)(x_1 - x_n),$$

d. h. der doppelte Inhalt einer durch rechtwinklige Koordinaten aufgenommenen Figur ist gleich einer Summe von Produkten, je bestehend aus der Summe zweier aufeinanderfolgender Ordinaten mal der Differenz der zugehörigen Abszissen, letztere in konstanter Richtung.

Sind statt einer einzigen Abszissenachse der Aufnahme mehrere solcher zugrunde gelegt, so müssen diese irgendwie in gegenseitige Verbindung gebracht sein. Die in Rücksicht auf die Flächenberechnung bequemste Verbindung wird dadurch hergestellt, dass je zwei Grenzpunkte auf zwei aufeinanderfolgende Grundlinien aufgenommen werden (s. Fig. 67).

Mehrere, unter sich schiefe Aufnahmelinien.

Ist statt eines Grenzpunktes ein beliebiger anderer, dem Umfang der Figur nicht angehöriger Punkt doppelt aufgenommen (z. B. der Schnitt beider Aufnahmelinien), so lässt sich die Figur ebensogut aufzeichnen, also auch ihrer Fläche nach berechnen. Nur müssen dann zu letzterem Zwecke die Koordinaten des weiteren Punktes durch Rechnung auf die andere Linie bezogen werden. Sind mehr als 2 Grenzpunkte auf je 2 aufeinanderfolgende Aufnahmelinien doppelt aufgenommen, so ist Überbestimmung im Zusammenhang der letzteren vorhanden, welche Widersprüche in der Zeichnung und in der Flächengrösse erzeugt. Um solche zu eliminieren, müssen die betreffenden Aufnahmemasse entweder ausgeglichen werden, oder es sind die überschüssigen Masse lediglich als Kontrollmasse gegen grobe Fehler zu betrachten und für die Flächenberechnung nicht zu verwenden.



## Flächenberechnung

a) aus Koordinaten:

Abstich	Abszissen-Differenz	Ordinaten-Summe	Doppelter Inhalt	
			+	-
0.1	26,36	37,00	975,32	
1.2	31,66	42,20	1336,05	
2.3	45,98	33,40	1535,73	
3.4	6,52	-13,72		89,45
4.5	5,26	9,38	49,34	
5.6	31,22	14,22	443,95	
6.7	25,54	6,46	164,99	
7.8	25,62	18,32	469,36	
8.0	9,84	-2,74		26,96

4974,74    116,41

$$2F = 4858,33$$

$$F = 2429,16 \text{ qm}$$

$$= 24 \text{ a } 29 \text{ qm.}$$

c) durch Verwandlung in ein Dreieck (vergl. S. 81/82).

(Resultat: strichpunktierte Grenzlinien, s. Fig. 66):

$$F = \frac{Gh}{2} = \frac{97,6 + 49,7}{2} = 24 \text{ a } 25 \text{ qm.}$$

d) mittels Planimeters (vergl. S. 84/86):

Kontrollfigur Q.			Parzelle 5635.		
Planimeter-Ablesungen	Um-drehungszahl	Mittel	Planimeter-Ablesungen	Um-drehungszahl	Mittel
1844	n	n	2143	n	n
2995	1151	1150	2844	701	700
4144	1149		3542	698	

Nonius-einheit

$$M = \frac{Q}{n} = \frac{4000}{1150} \text{ qm} = 3,479 \text{ qm.}$$

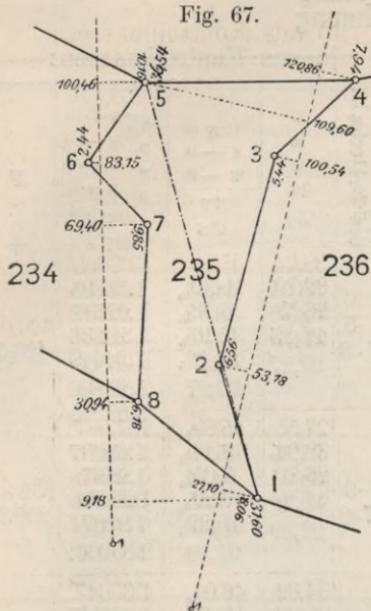
$$F = M \cdot n = 700 \times 3,479 \text{ qm} = 2435,3 \text{ qm} = 24 \text{ a } 35 \text{ qm.}$$

b) aus Kontrollmassen:

Bezeichnung des Dreiecks	a	s	log s	F
	b	s - a	" s - a	
	c	s - b	" s - b	
	2s	s - c	" s - c	
			log F <sup>2</sup>	
			log F	+
0-1-8	38,04	48,63 <sub>5</sub>	1.68695	426,04
	32,70	10,59 <sub>5</sub>	1.02510	
	26,53	15,93 <sub>5</sub>	1.20236	
	97,27	22,10 <sub>5</sub>	1.34449	
		97,27	5.25890	
1-7-8	27,55	45,69 <sub>5</sub>	1.65987	355,35
	38,04	18,14 <sub>5</sub>	1.25876	
	25,80	7,65 <sub>5</sub>	0.88395	
	91,39	19,89 <sub>5</sub>	1.29874	
		91,39	5.10132	
1-2-7	34,62	46,07 <sub>5</sub>	1.66347	391,80
	25,80	11,45 <sub>5</sub>	1.05899	
	31,73	20,27 <sub>5</sub>	1.30696	
	92,15	14,34 <sub>5</sub>	1.15670	
		92,15	5.18612	
2-6-7	25,60	42,46	1.62798	315,72
	34,62	16,86	1.22686	
	24,70	7,84	0.89432	
	84,92	17,76	1.24944	
		84,92	4.99860	
2-3-4	10,92	51,14	1.70876	237,03
	44,10	40,22	1.60444	
	47,26	7,04	0.84757	
	102,28	3,88	0.58883	
		102,28	4.74960	
2-4-6	36,80	52,80	1.72263	454,46
	24,70	16,00	1.20412	
	44,10	28,10	1.44871	
	105,60	8,70	0.93952	
		105,60	5.31498	
4-5-6	32,63	42,35	1.62685	248,73
	36,80	9,72	0.98767	
	15,27	5,55	0.74429	
	84,70	27,08	1.43265	
		84,70	4.79146	

$$F = 2429,13 = 24 \text{ a } 29 \text{ qm.}$$

Fig. 67.



Die Figur wird im Falle der Verwendung mehrerer Aufnahmelinien für die Inhaltsberechnung in ebensoviel Hauptteile zerfällt, als Grundlinien vorhanden sind. Als Berechnungsgrenzen für jeden dieser Teile dienen die Verbindungslinien je der beiden auf zwei aufeinanderfolgende Achsen doppelt aufgenommenen Punkte.

Beispiel. Gesucht der Inhalt des in Fig. 67 dargestellten Achteckes.

Die Eckpunkte (1) und (5) sind doppelt aufgenommen, ihre Verbindungslinie bildet daher die Berechnungsgrenze.

Abstich	Abszissen- differenz	Ordinaten- summe	2 F	
			+	-
1) Figur 1-2-3-4-5				
1-2	26,08	1,50	39,12	
2-3	47,36	- 12,00		568,32
3-4	20,32	2,50	50,80	
4-5	11,26	28,60	322,04	
5-1	82,50	28,48	2349,60	
2) Figur 1-8-7-6-5				
1-8	21,76	- 37,78		822,09
8-7	38,46	- 16,03		616,51
7-6	13,75	- 7,41		101,89
6-5	17,31	- 7,72		133,69
5-1	91,28	41,76	3811,85	
			6573,41	2242,44

$2F = 4330,97 \text{ qm}$

$F = 2165,49 \text{ qm} = 21 \text{ a } 65 \text{ qm.}$

Um weitere Beispiele zu haben, zeichne von Fig. 55 einzelne Grundstücke (z. B. Parzelle Nr. 121, 124, 128, 140 und 144) in grösserem Massstab heraus und berechne deren Flächengrössen.

Bei der Flächenberechnung aus Koordinaten wird immer zunächst der doppelte Betrag ermittelt. Die Halbierung je eines der Faktoren würde neben der erweiterten Arbeit des Halbierens und der Gefahr der Stellenvermehrung (bei ungeraden cm-Massen müssen durch Halbieren mm mitgeschleppt werden) eine weitere Fehlerquelle eröffnen.

### § 8. Flächenberechnung mit teilweiser Benützung des Plans „halbgraphische Berechnung.“

Die halbgraphische Flächenberechnung, welche jede Einzelfläche als Produkt einer aus dem Plan abgegriffenen Strecke a und einer direkt gemessenen Strecke b ermittelt, hat namentlich auf dem Gebiet der neueren Katastervermessungen und der Grundstücksteilungen eine hervorragende Bedeutung erlangt. Ohne der Berechnung aus direkten Masszahlen an Genauigkeit merklich nachzustehen (namentlich wenn beachtet wird, dass die gemessenen Koordinaten mit wesentlich grösseren Ungenauigkeiten behaftet sind, als die der halbgraphischen Berechnung zugrunde liegenden, bequemer zu messenden Kopf- und Steinlinienmasse), erfordert sie wesentlich geringeren Zeitaufwand, benützt zur Flächenbestimmung dieselben Masse, die zur etwaigen Grenzwiederherstellung dienen, und ist bei jedem beliebigen Aufnahmeverfahren anwendbar.

Wesen und Anwendungsgebiet.

Vergleichung mit der Berechnung aus Originalzahlen.

Sind die beiden Längendimensionen a und b, aus welchen (gleichgültig, ob es sich um ein Dreieck, Rechteck, oder Trapez handelt) die Flächenabstiche berechnet werden, mit den positiven, oder negativen Fehlern  $\Delta a$  und  $\Delta b$  behaftet, so erhält man statt der gesuchten Fläche

Beste Grundstücksform in Rücksicht auf halbgraphische Berechnung.

$$F = a \times b$$

die fehlerhafte Fläche  $F + \Delta F = (a + \Delta a) (b + \Delta b)$ ,

woraus durch Subtraktion

der Flächenfehler

$$\Delta F = a \Delta b + b \Delta a + \Delta a \times \Delta b$$

und mit Vernachlässigung des sehr kleinen letzten Summanden

$$\Delta F = a \Delta b + b \Delta a.$$

Dieser Flächenfehler wird um so kleiner, je kleiner die beiden Summanden sind und je weniger einer derselben gegenüber dem andern überwiegt. Es ergibt sich hieraus das Verlangen, dafür zu sorgen, dass

$$a \Delta b = b \Delta a$$

oder 
$$\frac{\Delta a}{\Delta b} = \frac{a}{b}.$$

Die Dimensionen a und b einer zu berechnenden Figur lassen sich im allgemeinen nicht beeinflussen. Dagegen entspringen die Streckenfehler  $\Delta a$  und  $\Delta b$  verschiedenerlei Ursachen und sind — weil die eine Strecke, a, dem Plan entnommen, die andere, b, direkt gemessen ist — verschieden gross. Der Fehler  $\Delta a$  der abgegriffenen Strecke hängt ausser von der Messungs- und Zeichengenauigkeit namentlich vom Planmassstab, also zum Teil von unserem Willen ab, ist aber jedenfalls grösser, als der reine Messungsfehler  $\Delta b$ . Folglich muss nach obiger Gleichung auch a grösser sein als b, d. h. das grössere Mass (die Länge) ist abzugreifen, das kleinere (die Breite) zu messen. Nimmt man an, aus dem Plan lasse sich eine Strecke mit einem mittleren Fehler von  $\frac{2}{10}$  mm Planmass abgreifen,

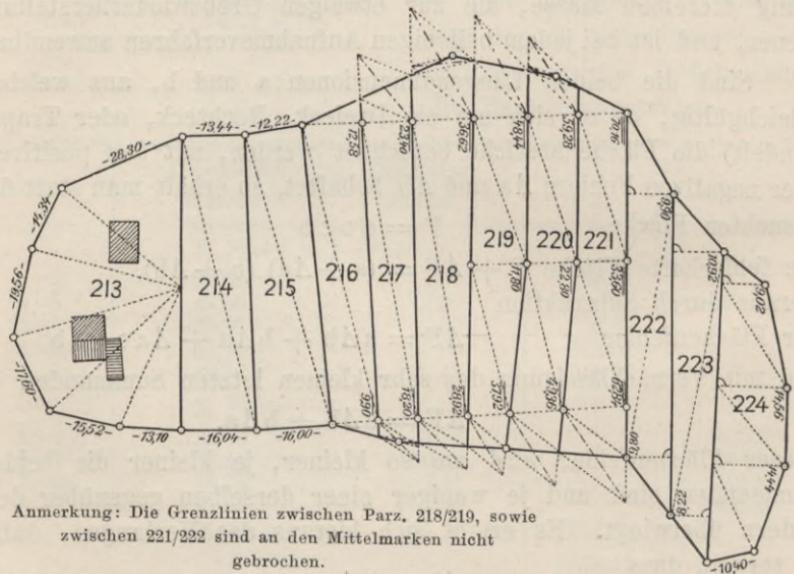
während sich ein Breitemass mit einem mittleren Fehler von 2 cm messen lasse, so wird  $\Delta a = \left(\frac{2}{10} \cdot m\right)$  mm,  $\Delta b = 20$  mm, wo m das Massstabsverhältnis des Plans bedeutet. Für  $m = 1000$  (Massstab 1:1000) wird damit:

$$\frac{\Delta a}{\Delta b} = \frac{\frac{2}{10} \cdot 1000}{20} = \frac{a}{b} = 10.$$

Unter obiger Voraussetzung eignet sich demnach der Massstab 1:1000 besonders für die halbgraphische Berechnung von Grundstücken, deren Länge ungefähr das zehnfache der Breite beträgt, der Massstab 1:500 für solche, die fünfmal so lang sind, als breit etc.

Besonders geeignet für die halbgraphische Berechnung sind demnach langgestreckte schmale Figuren. Dieselben werden durch Berechnungsgrenzen (Fig. 68) in Dreiecke oder Vierecke (Doppel-

Fig. 68.



dreiecke) mit gemessener Grundlinie zerlegt, deren Höhe abgegriffen wird. Allgemein erhält man (s. Fig. 64) den doppelten Inhalt eines Doppeldreiecks (Vierecks) = Diagonale  $\times$  senkrechtem Abstand der beiden zu ihr durch die zwei andern Ecken gezogenen Parallelen.

Beispiele.

Die Parzelle 213 in Fig. 68 wird von einem beliebigen Punkt der Längsgrenze aus in Dreiecke zerlegt, deren Höhen aus dem Plan abgegriffen werden, während die gemessenen Grenz- (Kopf-) Masse von Markstein zu Markstein die Grundlinien bilden. Zur zweiten (Kontrollberechnung) wird die gemeinsame Spitze der Dreiecke verändert. (Die Zeichnung der Berechnungsgrenzen ist unnötig.)

Bei den Parzellen 214 und 215 genügt je eine Diagonale zur Zerlegung in zwei passende Dreiecke. Diese Diagonale wird für die erste Berechnung

grundsätzlich linksschief (von den Gewandgrenzen aus gesehen), für die zweite (Kontroll-) Berechnung rechtsschief gedacht.

Bei den Parzellen 216, 217 und 218 ist zunächst das zwischen Steinlinie und Gewandgrenze liegende Flächenstück jeder Parzelle in ein Dreieck derart zu verwandeln, dass die Steinlinienbreite Grundlinie wird und die Spitze auf die Verlängerung der linksseitigen Grenze fällt. Durch eine (je von der Gewandgrenze aus gesehen) linksschiefe Diagonale denkt man sich die Grundstücke je in zwei Doppeldreiecke zerlegt, deren gemessene Dimension die Steinlinienbreite ist. Die abzugreifende Höhe ist je der Abstand zweier durch die Gegenecken gezogenen Parallelen zur Steinlinie. Für die zweite Berechnung wird das Flächenstück ausserhalb der Steinlinie nach rechts hinaus verwandelt und die Trennungslinie für die Doppeldreiecke rechtsschief gedacht.

Die Parzellen 219—221, deren Längsfurchen in der Mitte gebrochen sind, werden genau wie die vorigen behandelt, nur erhält man statt zweier Doppeldreiecke für jede weitere Steinlinie ein Doppeldreieck mehr.

Einige der seltenen Fälle, in welchen auch die halbgraphische Flächenberechnung die Erhebung von Massen verlangt, die für die Zeichnung und etwaige spätere Grenzbestimmung fast wertlos sind, zeigen die Parzellen 222—224.

Die Gewandgrenze der Parzellen 222 und 223 verläuft so schief gegen die Längsfurchen, dass die zu den Kopfmassen gehörigen Höhen sich nur mangelhaft abgreifen lassen, und überdies nicht das wünschenswerte Verhältnis zwischen abgegriffener Länge und gemessener Breite zeigen. Hier ist es zweckmässig, die senkrechte Parzellenbreite (Lotfusspunkt nur näherungsweise nötig, dagegen scharf in die Gerade einzuweisen) zu messen. An<sup>2</sup>Stelle der abzugreifenden Höhen treten hier die Furchenlängen.

Eine Längsgrenze der Parzelle 224 (Weggrenze) ist nicht geradlinig. Das Grundstück ist zu schmal, um ähnlich, wie das Grundstück 213 berechnet werden zu können, weil die von einem Punkt der geraden Längsgrenze aus abzugreifenden Höhen zu klein würden. Zur Berechnung dienen hier die senkrechten Grundstücksbreiten (Lotfusspunkte scharf in die Grenze einzuweisen, sonst nur genähert abzustecken), und zwar wird die Figur durch Diagonalen je vom gezeichneten Lotfusspunkt aus nach dem schief gegenüberliegenden Bruchpunkt in Doppeldreiecke zerlegt.

Die abzugreifenden Höhen können mittels des Zirkels (direkt oder bei grossen Dimensionen nach Einzeichnung einer in bestimmtem Abstand gezogenen Parallelen zur Steinlinie bzw. Gewandgrenze) dem Plan entnommen werden.

Hilfsmittel  
zum Ab-  
greifen der  
Höhen.

In Rücksicht auf Planschonung, Zeitersparnis und Genauigkeitssteigerung ist es aber zweckmässiger, Glastafeln zu verwenden, auf denen in Abständen von je 1 m oder  $\frac{1}{2}$  m, oder 1 dm (im doppelten Planmassstab, um das Halbieren zu sparen) feine farbige Parallellinien und die zugehörigen Zahlen eingätzt sind. Dieselben werden (die Ätzung nach unten) auf den Plan so gelegt, dass die Liniemrichtung mit der Stein- oder Gewandlinie übereinstimmt und alsdann nötigenfalls längs eines seitlich angelegten Lineals parallel verschoben, bis die Nulllinie die Grundlinie bzw. den unteren Eckpunkt des Doppeldreiecks deckt. Die Ablesung der Höhe, bzw. des

Parallelabstandes am oberen Eckpunkt erfolgt durch Einschätzung zwischen die eingezöhten Parallelen.

Für die erste und zweite Berechnung werden getrennte Hefte geführt, die zur besseren Übersicht auf ein Schema gegründet werden können.

### § 9. Reingraphische Flächenberechnung.

Anwendungsgebiet.

Die reingraphische Flächenberechnung muss häufig (z. B. bei Querprofilflächen, Bonitätsabschnitten von Grundstücken, sowie als Proberechnung) angewandt werden, wenn örtlich erhobene Masszahlen nicht zur Verfügung stehen, oder die Rücksicht auf Zeitersparnis ihre Verwendung verbietet.

Sind  $a$  und  $b$  die dem Plan zu entnehmenden Dimensionen (Faktoren),  $\Delta a$  und  $\Delta b$  die ihnen anhaftenden Fehler, so wird wieder (wie S. 77)

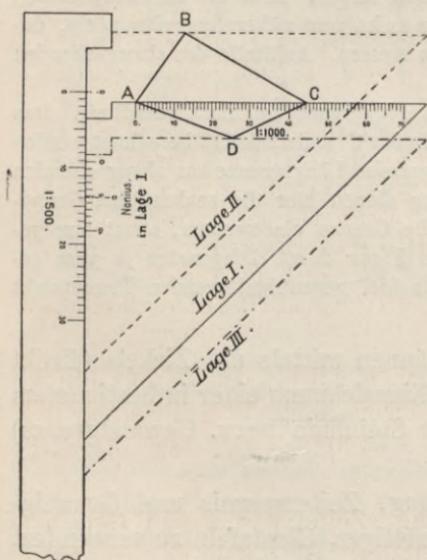
$$\Delta F = a \Delta b + b \Delta a.$$

Da aber jetzt beide Masse abgegriffen sind, so ist auch

$$\Delta a = \Delta b, \text{ daher } \Delta F = \Delta a (a + b) = \Delta a \cdot \frac{u}{2},$$

wo  $u$  den Umfang des Rechtecks bezeichnet.

Fig. 69.



Der Fehler  $\Delta F$  wird um so kleiner, je kleiner der Umfang  $u$  ist, und dies ist der Fall, je weniger verschieden die beiden Dimensionen sind.

Für reingraphische Berechnung eignen sich daher am besten Figuren von gleicher Längs- und Quererstreckung.

Die einfachste Figur auch für die reingraphische Berechnung bildet das Dreieck oder das Viereck, letzteres betrachtet als Doppeldreieck mit einer Diagonale als gemeinschaftlicher Grundlinie und dem Abstand der zu ihr durch die beiden andern Eckpunkte gezogenen Parallelen als Summen der Höhen. Beide Dimensionen

werden (vergl. Fig. 64) aus dem Plan mittels Zirkels abgegriffen oder (zur Planschonung und Zeitersparnis) mittels Glastafel, oder eines andern Instrumentes abgenommen.

Hilfsmittel für Dreiecks- und Vierecksberechnung.

Der Teilungsnullpunkt der im Planmassstab geteilten und abgescrögten Kathete eines Schiebdreiecks (s. Fig. 69) wird mit dem Eckpunkt A, die Kathete selbst mit der Diagonale AC zur Deckung gebracht und alsdann die Länge der letzteren abgelesen

(siehe Lage I). Nachdem das hakenförmige Lineal an die andere Kathete angeschoben ist, wird die erste Kathete auf Punkt B parallel und sodann das Lineal gleichfalls verschoben, bis dessen Haken an der rechteckigen Aussparung des Schiebdreiecks ansteht (s. Lage II). In dieser Lage stimmt der Nullpunkt der im doppelten Planmassstab ausgeführten Linealteilung mit dem Zeiger der linksseitigen Kathete überein. Endlich wird das Dreieck am Lineal nach abwärts geschoben, bis die abgeschrägte Kathete die Ecke D deckt. In dieser Lage (III) zeigt der Ablesestrich der linken Kathete auf der Linealteilung die halbe Höhensumme (9,2) an. Zur Verfeinerung der Ablesung kann man den Ablesestrich auf der Kathete durch einen Nonius (s. § 12 Ziff. 3) ersetzen.

Sehr zweckmässig für die reingraphische Flächenbestimmung von Dreiecken oder Vierecken ist auch die sogenannte „Hyperbel-tafel“, eine Glastafel, auf welcher zwei Scharen von Hyperbeln aufgezichnet sind.

Die Hyperbel hat bekanntlich die Eigenschaft, dass Parallelogramme, von denen zwei Seiten mit den Asymptoten zusammenfallen, während die Gegenecke auf der Hyperbel liegt, konstanten Inhalt haben.

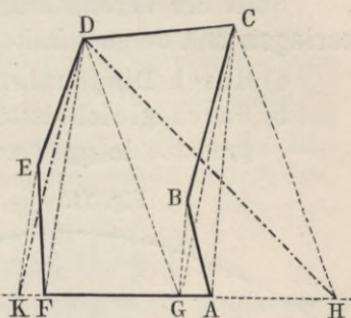
Wegen ihrer geringen Verbreitung soll jedoch hier nicht weiter auf diese Tafeln eingegangen werden.

Die am häufigsten angewandte graphische Berechnungsmethode bei Vielecken ist die der Verwandlung in flächengleiche Dreiecke oder Vierecke. Nach dem Satz der Planimetrie „Dreiecke von gleicher Grundlinie und Höhe sind gleich“ werden dabei die Ecken eine nach der andern verlegt auf eine der beiden nächsten ihr nicht anliegenden Grenzlinien. Fig. 70 zeigt z. B. die Verwandlung des Sechsecks ABCDEF in das Dreieck KDH.

In Rücksicht auf Zeitersparnis, Genauigkeit des Resultats und möglichste Planschonung sind bei der an sich einfachen Ausführung folgende Regeln zu beachten:

- 1) Die Verwandlungsbasen sind so zu wählen und der Plan so zu legen, dass
  - a) die Grundlinie (hier AF) jeweils auf derjenigen Seite sich befindet, auf welcher die Nadel gehalten wird (rechts) und dass die Zeichenkante des Schiebdreiecks gut beleuchtet ist,
  - b) die entstehenden Figuren möglichst gleich lang und breit,

Fig. 70.



Verwandlung.

- c) die Winkel zwischen Basis und zu ziehender Parallele möglichst = R,
  - d) die nötigen Parallelen möglichst kurz, jedenfalls kürzer, als die zu ihrer Orientierung dienenden Diagonalen werden.
- 2) Die in Fig. 70 gezeichneten Diagonalen und Parallelen werden nicht gezogen, sondern es werden nur die Schnitte der Parallelen mit der Verwandlungsbasis mittels feiner Punktirnadel eingestochen.

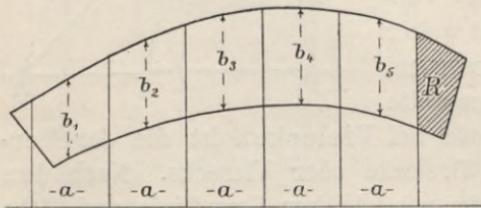
3) Die Verwandlung erfolgt mechanisch nach der Regel: Anlegen des Schiebdreiecks am Basisausgangs- und übernächsten Eckpunkt, Parallelschub nach dem zwischenliegenden Eck und Einstechen des Schnittpunktes der Parallelen mit der Basis, wieder Anlegen des Schiebdreiecks an der Nadel und links am übernächsten Eck, sodann Parallelerverschub zu dem ihm vorhergehenden Eckpunkt, Einstechen mit der Nadel etc. (Beispiel s. Fig. 66 u. Berechnung S. 75.)

Zerlegung  
in Vierecke.

Statt der Verwandlung kann man die Figur auch in Vierecke zerlegen und deren Inhalte berechnen und zwar

- a) durch Diagonalen bei scharf begrenzten eckigen,
- b) durch gleichabständige Parallelen bei krummlinig begrenzten langgestreckten Figuren (Flüssen, Strassen etc.).

Fig. 71.



Im Fall (a) erfolgt die Berechnung der einzelnen Vierecke auf die Seite 80 und 81 kennen gelernte Weise.

Im Fall (b) wählt man den Abstand der Parallelen gleich einer runden

konstanten Strecke a und hat mit den in der Mitte abgegriffenen Breiten b den Flächeninhalt (s. Fig. 71)

$$F = ab_1 + ab_2 + \dots + ab_n + R = a[b] + R.$$

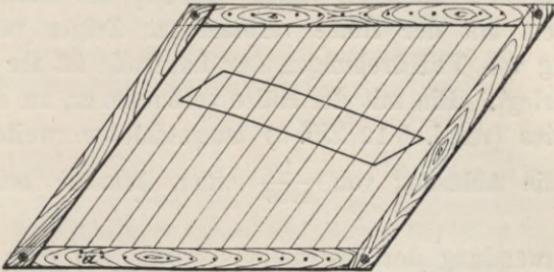
Die Parallelen werden möglichst  $\perp$  zur Längsrichtung der Figur gewählt, weil nur bei solcher Lage die mittleren Breiten b sich ohne Einzeichnung der Mittellinie scharf abgreifen lassen. Durch leichte Verdrehung der Parallelen ist es bei nicht zu grossem Parallelabstand a möglich, dafür zu sorgen, dass der Rest R wegfällt (d. h. dass an jedem Gewandend eine der Parallelen die Ausgleichungslinie bildet, wie in Fig. 71 am Gewandende links). In diesem Fall ist  $F = a[b]$ .

Die Addition der b erfolgt mechanisch mittels des Zirkels, das Restglied R ergibt sich aus vermittelter Länge mal Breite.

Um den Plan zu schonen, werden die Parallelen nicht auf ihn, sondern auf einen Streifen Pausleinwand gezeichnet, welcher auf die Zeichnung gelegt wird.

Noch zweckmässiger ist ein rechteckiger Rahmen aus Karton bezw. Metall oder Holz. Werden dessen Seiten durch Scharniere miteinander verbunden, so lässt sich ihr Parallelabstand entsprechend etwaigem Planeingang durch Verschieben des Rechtecks in ein Parallelogramm regulieren. Zwei parallele Gegenseiten werden dabei in lauter gleiche Stücke *a* geteilt, und die korrespondierenden Teilpunkte harfenartig durch Seidenfäden verbunden (s. Fig. 72).

Fig. 72.

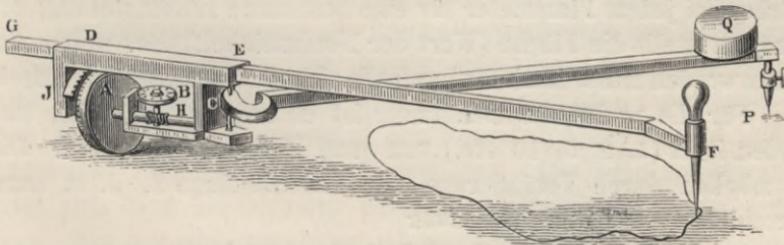


Auch die mechanische Addition der Breiten *b* lässt sich noch etwas erleichtern durch eine justierbare Sperrvorrichtung am Zirkel, welche wirkt, sobald die Entfernung der Zirkelspitzen ein gewisses rundes Mass erreicht hat.

Schliesslich gibt es noch Instrumente, welche zum Zweck der Planschonung die Anwendung des Zirkels überhaupt vermeiden und die nötige Breiten-summe durch Abwicklung auf einer Rolle, oder durch mechanische Addition auf durchsichtiger Platte ermitteln. Sie haben aber bis jetzt nur geringe Verbreitung gefunden und können daher hier übergangen werden.

Grössere Bedeutung hat dagegen ein anderes zur graphischen Flächenberechnung dienendes Rolleninstrument, **das Planimeter**, Planimeter.

Fig. 73.



erlangt. Der hier zur Verfügung stehende Raum verbietet ein Eingehen auf die Theorie und die mannigfachen Formen und Verbesserungen, welche dieses Instrument seit seiner Erfindung im Jahre 1814 erfahren hat. Wir beschränken uns daher auf eine kurze Betrachtung des einfachsten und häufigst verwendeten **Amalerschen Polarplanimeters**. Dasselbe besteht (s. Fig. 73) aus einem Arm *FG*, dem Fahrarm, der in dem Fahrstift *F* endigt und über

Einrichtung.

den eine verschiebbare Hülse DE gestreift ist. Die letztere trägt die beiden Lager für die parallel zum Fahrarm gerichtete Achse H einer Laufrolle A und für ein senkrecht zum Fahrarm stehendes Scharnier C, durch welches der Polarm CP mit dem Fahrarm in Verbindung gesetzt ist. Der bei der Flächenermittlung feststehende Pol P wird durch ein Gewicht Q beschwert. Durch ein Zahnrad werden die Umdrehungen der Rolle A und ihrer Achse H behufs ihrer Zählung auf eine geteilte Scheibe B übertragen, von deren Umfang sich bei jeder vollen Drehung der Rollenachse ein Teil an einem mit der Hülse verbundenen Zeiger vorbeibewegt. Zur Ablesung von Teildrehungen der Laufrolle ist ihr Umfang in 100 Teile zerlegt. Ein mit der Hülse verbundener, zu einem zehnteiligen Nonius (vergl. § 12 Ziff. 3) ausgebildeter zweiter Zeiger J ermöglicht die Ablesung von  $\frac{1}{1000}$  einer Achsen- bzw. Rollendrehung.

Lehrsatz.

Die Anwendung des Instruments beruht auf dem (hier nicht zu beweisenden) Satz: Der Inhalt einer mittels des Fahrstifts F bei aussenstehendem Pol P umfahrenen Figur ist gleich einem Produkt aus der Länge f des Fahrarms CF mal dem auf der Laufrolle abgewickelten Bogen b.

Ist der Radius der Laufrolle = r und die Zahl ihrer am Zeiger J vorbeigegangenen Noniusteile = n, so ist demnach der

$$\text{Inhalt F} = f \cdot b = f \cdot \frac{2r\pi \cdot n}{1000} = \frac{2r\pi f}{1000} \cdot n = M \cdot n.$$

Der Wert

Bedeutung  
der Nonius-  
einheit.

$$\frac{2r\pi f}{1000} = M,$$

welcher bei jedem Planimeter für eine bestimmte Hülsenstellung konstant ist, stellt die Fläche (Wert der Noniuseinheit) dar, welche umfahren werden muss, damit die Laufrolle sich um einen Noniusteil dreht.

Einstellung  
der  
Fahrarm-  
länge.

Für die praktische Benützung ist es bequem, M gleich einer runden Zahl (1, 2, 5, 10 etc.) von qmm Planfläche zu haben. Dies ist möglich durch Veränderung der Fahrarmlänge f, d. h. durch Verschieben der Hülse und zwar

wächst der Wert der Noniuseinheit M proportional  
nimmt ab die Umdrehungszahl n umgekehrt proportional } f.

In der Regel befinden sich auf dem Fahrarm Marken, auf welche ein Zeichen der Hülse einzustellen ist, damit die Noniuseinheit den bei der Marke stehenden Wert erhalte. Jedoch ist diese Einstellung nur als genäherte zu betrachten.

Zum Zweck der genauen Einstellung auf eine gewünschte Noniuseinheit M umfährt man mit dem Fahrstift eine im Planmassstab ge-

zeichnete Figur (Quadrat, Kreis, Rechteck) von bekanntem Inhalt  $Q$ , also bekannter Sollumdrehungszahl  $n = \frac{Q}{M}$ . Erhält man hierbei statt der Umdrehungszahl  $n$  die Zahl  $n_1$ , so ist nach obigem  $Q = n \cdot M = n_1 \cdot M_1$

$$\text{oder } n : n_1 = M_1 : M = \frac{2r \pi f_1}{1000} : \frac{2r \pi f}{1000} = f_1 : f,$$

d. h. die Fahrarmlänge ist umgekehrt der gewünschten Umdrehungszahl zu vergrössern, oder zu verkleinern.

Sind nur wenige Flächen zu berechnen, so lohnt es sich meist nicht, die genaue Einstellung durch Probieren zu bewirken. Man wird dann lieber mit genäherter Einstellung die Probefigur  $Q$  umfahren und aus der hierbei erhaltenen Umdrehungszahl  $n$  die Noniuseinheit

$$M = \frac{Q}{n}$$

berechnen. Mit diesem (allerdings nicht runden) Wert von  $M$  sind die bei Umfahrung der zu berechnenden Flächen erhaltenen Umdrehungszahlen zu multiplizieren, um deren Inhalte zu finden. (Beispiel s. Berechnung der Fig. 66 S. 75.)

### Praktische Anwendung des Planimeters.

Um die Zahl  $n$  der an der Ablesemarke vorübergegangenen Noniusteile zu erhalten, wird der Pol ausserhalb der Figur derart festgestellt, dass während des Umfahrens mit dem Fahrstift der Winkel zwischen Polarm und Fahrarm nie sich allzuweit von  $1 R$  entfernt und das Rädchen stets auf dem Plan sich bewegt. Der Beginn der Fahrt mit dem Fahrstift ist auf einen Punkt zu verlegen, wo sich das Rädchen möglichst langsam dreht. Der Plan (der selbstverständlich frei von Gummiresten, Falten, Wellen etc. zu halten ist) muss auf satter, ungefähr horizontaler Unterlage ruhen. Von Wert ist ein gleichmässig rasches, daher am besten freihändiges Umfahren. Beim Anfassen sind Scharnier- und Achslager sorgfältig zu schonen, die Laufrolle darf nicht berührt werden. Es geht daher nicht an, zu Beginn etwa die Ablesung  $0$  an der Rolle herzustellen, vielmehr wird vor Beginn der Fahrt und am Ende derselben, d. h. nachdem der Fahrstift wieder auf den Ausgangspunkt zurückgekehrt ist, abgelesen. Die Umdrehungszahl  $n$  ergibt sich dann als Differenz der beiden Ablesungen. Zum Schutz gegen etwa vor sich gegangene Unregelmässigkeiten wird das Umfahren wiederholt. Mögen die Ablesungen sein:

Vor Beginn der Fahrt . . . . .	2543	$n_1 = 1332$	
nach Beendigung der ersten Fahrt 3875 so ist			$n = 1333$
" " " zweiten " 5209		$n_2 = 1334$	Mittel

und der Inhalt der umfahrenen Figur =  $1333 \times M$ .

Noch besseren Schutz gegen Ablese-, Umfahrungs- und gleichzeitig gegen Instrumentenfehler gewährt das Verstellen des Pols vor der zweiten Umfahrung.

Gebrauchs-  
regeln.

Ist die zu berechnende Figur zu gross, um mit aussenstehendem Pol umfahren werden zu können, so kann man den letzteren auch in die Figur hereinsetzen. Man muss dann aber zum Wert  $M \times n$  noch eine Ergänzungsfläche (Grundkreis) addieren, die am Fahrarm in qmm angeschrieben ist und die zweckmässigerweise durch Umfahren einer Figur von bekanntem Inhalt mit innenstehendem Pol geprüft bzw. genau ermittelt wird. Erfahrungsgemäss unterlaufen aber hierbei gerne Fehler und man zieht daher vor, die grosse Figur in kleinere Unterabteilungen zu zerlegen, die je mit aussenstehendem Pol umfahren werden. —

Genauigkeit  
der Flächen-  
ermittlung.

Die Genauigkeit der Flächenermittlung ist je nach den verwendeten Methoden verschieden. Sind die gemessenen Koordinaten gleich zuverlässig, wie die (bequemer zu messenden) Kopf- oder Steinlinienbreiten, was allerdings nicht ohne weiteres anzunehmen ist, so liefert selbstverständlich die Berechnung aus Originalmassen die genauesten Resultate.

Demnächst kommt die halbgraphische Berechnung, bei welcher sich (wenigstens hinsichtlich einer der beiden Dimensionen) zu den Messungsfehlern noch die Zeichenfehler gesellen, und am Schluss die reingraphische, welche am meisten beeinflusst wird von der Güte der Zeichnung und dem Zustand des Plans. Jedenfalls darf bei den beiden letzten Berechnungsarten nicht ausser Betracht gelassen werden, dass das Zeichenpapier und mit ihm die darauf dargestellte Fläche bei wechselnder Temperatur und Feuchtigkeit sich, und zwar nach verschiedenen Richtungen oft verschieden, ändert. An allen abgegriffenen Strecken ist daher eine entsprechende Korrektur anzubringen. Ihr prozentualer Betrag wird durch Abgreifen einer gezeichneten und gleichzeitig durch Masszahlen gegebenen Länge (z. B. Netzlinie) ermittelt. Auch in Rücksicht auf die Flächenbestimmungen, soweit sie amtliche Gültigkeit haben sollen, haben die Vermessungsbehörden der einzelnen deutschen Staaten Grenzen festgesetzt für die höchstens noch zulässigen Abweichungen zweier unabhängig ermittelten Flächeninhalte einer und derselben Figur. Dieselben betragen im Mittel für

eine Fläche von 50 qm	. . . . .	6 qm
100 "	. . . . .	8 "
500 "	. . . . .	17 "
1000 "	. . . . .	25 "
2000 "	. . . . .	35 "
10000 "	. . . . .	80 "

In Württemberg ist für den höchstens noch zulässigen Unter-

schied  $d$  zweier voneinander unabhängiger, amtlicher Flächenbestimmungen  $F$  die Gleichung gegeben:

$$d = 0,25 \sqrt{F} + 0,00075 F \text{ auf nahezu horizontalem Gelände}$$

$$d = 0,5 \sqrt{F} + 0,00075 F \text{ „ etwas unebenem „}$$

$$d = 0,75 \sqrt{F} + 0,00075 F \text{ „ sehr „}$$

wobei  $F$  und  $d$  in qm ausgedrückt sind.

### § 10. Grenzausgleichung. Flächenteilung.

Die Aufgaben der Grenzausgleichung und Flächenteilung sind im wesentlichen identisch mit der Aufgabe der Flächenberechnung, nur tritt erschwerend hinzu, dass ein Teil der Begrenzung auf Grund gegebener Flächenbedingungen erst hergestellt werden muss.

Die Hauptsache für möglichst einfache Erledigung der Aufgabe ist (falls nicht ein graphisches Verfahren genügt) eine vorteilhafte Wahl der Aufnahmelinie. Soll z. B. eine Eigentumsgrenze durch eine andere derart ersetzt werden, dass die Flächen der beiden dadurch berührten Grundstücke unverändert bleiben, und dass die neue Grenze eine bestimmte Richtung erhält (z. B. senkrecht zu einer Bauflucht), so wird eine in eben dieser Richtung, also parallel zur gesuchten Linie gelegte Achse zur Aufnahme der zu ersetzenden Grenze verwendet. Soll die gesuchte Grenze durch einen bestimmten Punkt gehen, so wird die Achse durch diesen Punkt gelegt.

Wahl der  
Aufnahme-  
linie.

In den meisten Fällen der Grenzausgleichung handelt es sich dann darum, die Fläche des verschränkten Vielecks, welches von der gebrochenen alten und der neuen Grenze eingeschlossen wird  $= 0$ , oder die Flächen zwischen der Aufnahmelinie und der alten Grenze einer-, der Aufnahmelinie und der neuen Grenze andererseits einander gleich zu machen (s. Fig. 75). Die Aufgabe führt also immer zurück einerseits zur gewöhnlichen Flächenberechnung, andererseits zur Flächenzuteilung, welche im folgenden kurz behandelt werden soll.

a) **Flächenzuteilung.** Die gewöhnlichste Aufgabe der Flächenzuteilung, auf die sich viele Fälle zurückführen lassen, und auf deren Behandlung wir uns im nachfolgenden beschränken wollen, lautet: Parallel einer gegebenen Richtung sollen von einem Viereck Flächenstücke von bestimmtem Inhalt abgeschnitten werden. Zur Aufnahme wählt man womöglich eine parallel zur verlangten neuen Grenzrichtung liegende Achse. Verläuft die Gewandgrenze, deren Richtung die neue Grenze ungefähr

Parallel-  
teilung.

folgen soll, unregelmässig (s. Fig. 74), so schneidet man zunächst durch eine beliebige Parallele AB ein Flächenstück ab, dessen Inhalt man rechnet. Dann erübrigt nur noch, von dieser Hilfsgeraden aus durch eine Parallele P<sub>1</sub>P<sub>2</sub> das Trapez ABP<sub>1</sub>P<sub>2</sub> gleich der Differenz zwischen Ist- und Sollfläche abzutheilen.

Von den mancherlei Lösungen dieser Spezialaufgabe möge folgende hier Platz finden: Durch die einzelnen Bruchpunkte der Ge-

Fig. 74.

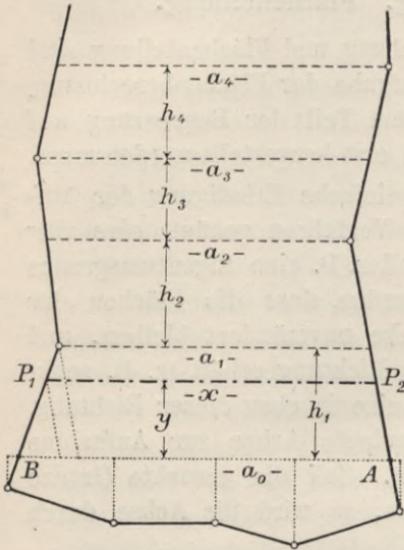
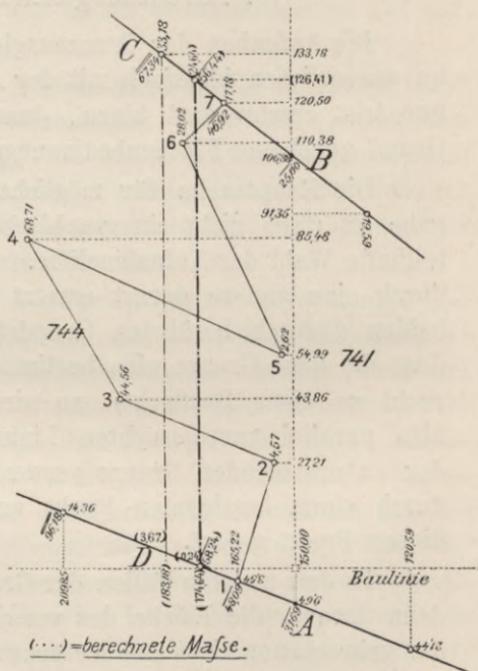


Fig. 75.



wandgrenzen lege Parallelen a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>... zur neuen Grenzrichtung und bestimme (sei es durch Rechnung, sei es durch Messung) deren Länge a und Parallelabstand h. Die von a<sub>0</sub> aus abzuschneidende Fläche sei = F, so ist (s. Fig. 74)

$$(1) \quad 2F = (a_0 + x) y$$

$$(2) \quad (x - a_0) : (a_1 - a_0) = y : h_1$$

oder

$$(2a) \quad (x - a_0) h_1 = (a_1 - a_0) y.$$

Durch Division kommt als y-Eliminat aus (1) und (2a)

$$\frac{2F}{(x - a_0) h_1} = \frac{a_0 + x}{a_1 - a_0}$$

$$\frac{2F}{h_1} = \frac{(x + a_0)(x - a_0)}{a_1 - a_0} = \frac{x^2 - a_0^2}{a_1 - a_0}$$

$$\left\{ \begin{aligned} x &= \sqrt{a_0^2 + \frac{a_1 - a_0}{h_1} \cdot 2F} \\ y &= \frac{2F}{a_0 + x} \end{aligned} \right.$$

(...) = berechnete Maße.

Sind, wie z. B. bei Zerstückelung von Allmenden, Bauplätzen etc., mehrere Grundstücke von paralleler Grenzrichtung zuzuteilen, so tritt jedes berechnete  $x$  für die nächste Parzelle wieder an die Stelle von  $a_0$ . Die Berechnung wird in diesem Fall am besten schematisch angelegt, und es wird schliesslich die Richtigkeit der Zuteilung durch Zusammenstellung der Flächenstücke je bis zu einer der Parallelen  $a_1, a_2 \dots$  (Elementengrenzen) und direkte Berechnung der Elementenflächen geprüft.

**Beispiel.** Die gebrochene Grenzlinie 1—2—3—4—5—6—7 (s. Fig. 75) soll durch eine Gerade senkrecht zur Baulinie derart ersetzt werden, dass die beiden Grundstücke P. 744 und P. 741 dem Flächeninhalt nach keine Veränderung erleiden. Grenzausgleichung.

**Auflösung.** Als Aufnahmelinie wurde eine Senkrechte AB zur Baulinie (Parallele zur gesuchten Grenze) verwendet und es ergaben sich für die Lage der Grenzpunkte die in Fig. 75 eingezeichneten Masse.

Es folgt nun:

1) Berechnung der Fläche A—1—2—3—4—5—6—7—B.

Abstich	Abszissen- differenz	Ordinaten- summe	2 F	
			+	—
A—1	6,10	15,22	92,84	
1—2	30,75	19,79	608,54	
2—3	16,65	49,13	818,01	
3—4	41,62	113,27	4714,30	
4—5	— 30,49	71,33		2174,85
5—6	55,39	30,64	1697,15	
6—7	10,12	45,20	457,42	
7—B	— 13,62	17,18		233,99
			8388,26	2408,84
			2 F = 5979,42	
			F = 29 a 89,71 qm	

2) Zuteilung der Fläche  $F = 29 \text{ a } 89,71 \text{ qm}$  parallel zur Aufnahmelinie AB und von ihr ausgehend:

a) Berechnung der durch C gezogenen Parallelen  $CD = a_1$  mittels Rechenschiebers:

$$44,63 : 17,90 = \frac{17,96}{26,67} : x \quad \frac{7,21}{10,69} + \frac{3,54}{14,36} a_1 = 133,18 - 3,67 = 129,51.$$

β) Flächenzuteilung.

$129,51 = a_1$			
$116,52 = a_0$			
$+ 12,99 = a_1 - a_0$	$a_1 - a_0$		1,11361
$33,18 = h_1$	$h_1$		1,52088
	$\frac{a_1 - a_0}{h_1}$		9,59273
$5979,42 = 2 F$	$2 F$		3,77666
$242,69 = (a_0 + x)$	$a_0 + x$		2,38505
$2340,9 = \frac{a_1 - a_0}{h_1} \cdot 2 F$	$\frac{a_1 - a_0}{h_1} \cdot 2 F$		3,36939
$13577 = a_0^2$			
$15918 = a_0^2 + \frac{a_1 - a_0}{h_1} \cdot 2 F$			
$126,17 = \sqrt{a_0^2 + \frac{a_1 - a_0}{h_1} \cdot 2 F} = x$			
$24,64 = y$	$y$		1,39161

γ) Berechnung der zur Absteckung dienenden Kopfmasse für die neuen Eckpunkte und der zugehörigen Koordinaten (mittels Rechenschiebers).

Grenze AD

		$\Delta k$	k	$\Delta y$	y	
			48,09		— 3,54	
$44,63 : 48,09 =$	$17,90 =$	$9,42 : \Delta k$	10,15	58,24	3,78	+ 0,24
		$35,21 : \Delta y$	37,94	96,18	14,12	+ 14,36
		44,63	48,09	17,90		

Grenze BC

		$\Delta k$	k	$\Delta x$	x	
			46,92		120,50	
$16,00 : 20,42 =$	$12,68 =$	$7,46 : \Delta k$	9,52	56,44	5,91	126,41
		$8,54 : \Delta x$	10,90	67,34	6,77	133,18
		16,00	20,42	12,68		

Die Aufgabe der Begradigung nur schwach gebrochener Längsgrenzen wird am bequemsten direkt auf dem Feld und zwar ohne Ermittlung der Flächeninhalte analog der S. 81 gezeigten Verwandlungsmethode gelöst. Das auf dem Feld undurchführbare Parallelabschieben wird dabei durch Absetzen der nach erfolgtem Einweisen zu messenden Pfeilhöhen in gleicher Richtung ersetzt.

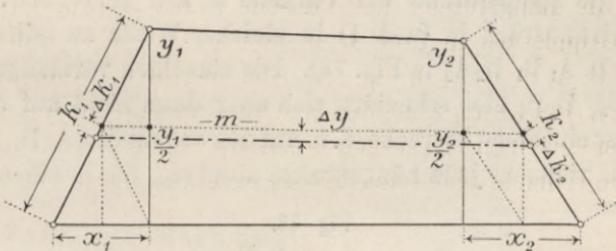
b) Zerlegung einfacher Figuren in eine Anzahl gleicher Teile.

Die Aufgabe kann dadurch gelöst werden, dass der Inhalt der ganzen, in 2, 3 . . . n Teile zu zerlegenden Figur zunächst berechnet und durch Division der Sollinhalt einer Teilfläche bestimmt wird. Dieser Sollinhalt wird nach dem oben sodann gezeigten Verfahren zugeteilt.

Handelt es sich um Teilung eines ziemlich regelmässigen Grundstücks, so kann jedoch die Berechnung der Gesamtfläche gespart werden. Misst man nämlich nach Fig. 76 und 77 die Koordinaten  $x_1$  und  $x_2$  und  $y_1$  und  $y_2$  und denkt sich zunächst die Teilungslinien durch die Halbierungspunkte bezw. Drittelpunkte etc. der Ordinaten gezogen, so würden die Teilflächen ungleich werden und zwar erhielte bei

Längsteilung in zwei gleiche Teile.

Fig. 76.



Halbierung das kürzere Grundstück eines } der überschüssenden  
 „ längere „ drei }  
 seitlichen Dreiecke, von denen jedes Grundstück zwei zu beanspruchen hat (s. Fig. 76). Man hat daher die vorläufige Teilungslinie in der Richtung gegen den längeren Teil von der Mitte aus noch zu verschieben um

$$\Delta y = \frac{x_1 y_1 + x_2 y_2}{8 m}, \text{ wobei } m \text{ die mittlere (nur näherungsweise zu ermittelnde) Länge ist}$$

bezw. an den Gewandgrenzen um:

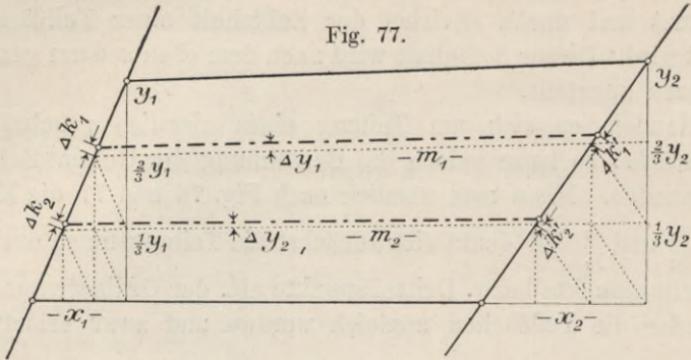
$$\Delta k = \Delta y \cdot \frac{k}{y}$$

Bei Dreiteilung ist die Zahl der überschüssenden kleinen Dreiecke beiderseits = 9 (s. Fig. 77), von denen jedes Grundstück drei beansprucht. Es hätte also der } kürzeste Teil zu wenig  
 „ „ „ „ viel } um zwei solcher  
 kleinen Dreiecke, wenn die vorläufigen Teilungslinien durch die Drittelpunkte der Ordinaten beibehalten würden. Um dies zu vermeiden, sind diese Geraden zu verschieben um

Längsteilung in drei gleiche Teile.

$$\Delta y_1 = \frac{2(x_1 y_1 + x_2 y_2)}{18 m_1} \text{ bzw. } \Delta y_2 = \frac{2(x_1 y_1 + x_2 y_2)}{18 m_2}$$

Fällt eines der Dreiecke über die Figur hinaus (s. Fig. 77), so verwandelt sich das zugehörige + Zeichen im Zähler in —. Die auf der Gewandgrenze nötige Verschiebung  $\Delta k$  wird berechnet wie oben bei der Halbierung.



Gebrochene  
Längs-  
grenze.

Ist die Längsfurche der Parzelle  $n$  mal gebrochen, so zerfällt das Grundstück in  $(n + 1)$  in gleicher Weise zu teilende Vierecke (s. z. B.  $A_1 B_1 B_2 A_2$  in Fig. 78). Die einzelnen vorläufigen Grenzlinien  $P_1 P_2, P_3 P_4$  etc. schneiden sich aber dann nicht auf den Kopf-  
grenzen der einzelnen Vierecke, d. h. auf den Steinlinien  $A_1 B_1, A_2 B_2$  etc. Dort würde vielmehr jede Längsgrenze absetzen, um in einem benach-

Fig. 78.

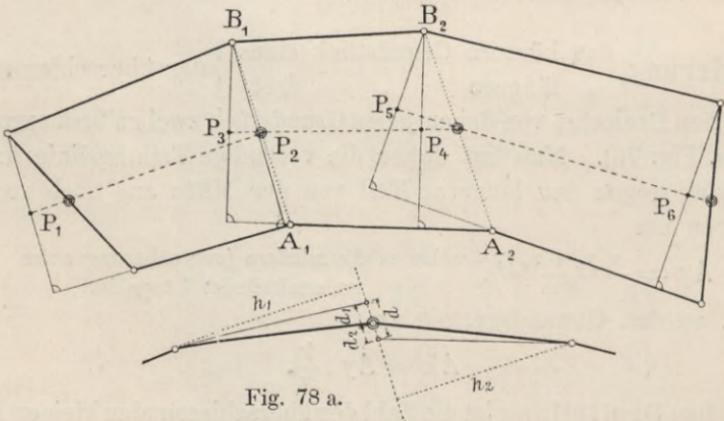


Fig. 78 a.

barten Punkt wieder zu beginnen (siehe die 2 feinen Grenzlinien in Fig. 78 a), was unzweckmässig wäre, sowohl wegen des erschwerten Feldbaus, als wegen der komplizierten Vermarkung. Die auf den Steinlinien erscheinende lineare Differenz  $d$  ist daher unter Berücksichtigung der jeweiligen Grenzlängen auszugleichen. Dies geschieht auf Grund der Bedingung (vergl. Fig. 78 a)

$$d_1 \cdot h_1 = d_2 \cdot h_2 \text{ oder } d_1 : d_2 = h_2 : h_1.$$

Je kleiner die Summe der überschüssenden seitlichen Dreiecke ist, um so weniger kommt eine kleine Differenz in der Messung der Mittellinien  $m$  zur Geltung, d. h. um so oberflächlicher darf  $m$  ermittelt werden.

**Teilung mit halbgaphischer Berechnung.**

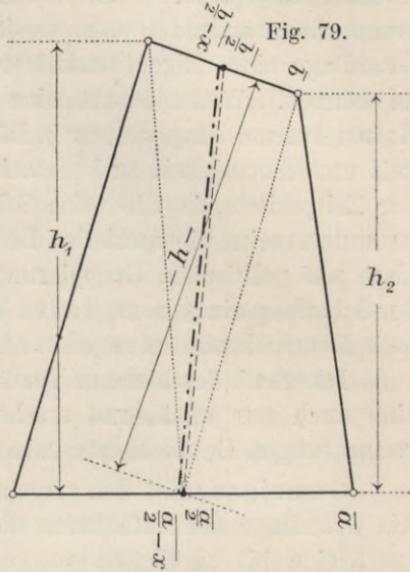
Möge die Teilungslinie auf beiden Gewandgrenzen je um den Betrag  $x$  aus der Mitte zu verschieben sein, so wird (s. Fig. 79)

Teilung mit halbgaphischer Berechnung.

$$\begin{aligned} \frac{F}{2} &= \left(\frac{a}{2} - x\right) \frac{h_1}{2} + \left(\frac{b}{2} - x\right) \frac{h}{2} \\ &= \left(\frac{a}{2} + x\right) \frac{h_2}{2} + \left(\frac{b}{2} + x\right) \frac{h}{2} \end{aligned}$$

Hieraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} &x \left(\frac{h_2}{2} + \frac{h}{2} + \frac{h_1}{2} + \frac{h}{2}\right) \\ &= \frac{a}{2} \left(\frac{h_1}{2} - \frac{h_2}{2}\right) + \frac{b}{2} \left(\frac{h}{2} - \frac{h}{2}\right) \\ &= \frac{a}{4} (h_1 - h_2) \\ x &= \frac{2 a (h_1 - h_2)}{4 (h_1 + h_2 + 2 h)} \\ x &= \frac{a (h_1 - h_2)}{2 (h_1 + h_2 + 2 h)}. \end{aligned}$$



Die Zuteilung nach Bonitäten (Wertsklassen), welche übrigens bei Bauplatzflächen und Verteilung landwirtschaftlich benützter Grundstücke nicht selten vorkommt, soll hier übergangen werden.

**§ 11. Katastervermessung. Katasterakten.**

Um einen zuverlässigen Massstab für eine gerechte Verteilung der Grundsteuer und eine sichere Grundlage für die ihr dienenden Grundsteuernkataster zu gewinnen, haben die meisten Kulturstaaten Europas seit dem Ende des 18., namentlich aber während des 19. Jahrhunderts zusammenhängende Vermessungen aller einzelnen Grundstücke ihrer Gebiete in Rücksicht auf deren Begrenzung und Kultur durchgeführt bzw. in Angriff genommen (Katastervermessungen). Diese Vermessungen haben nach und nach und zumal da, wo eine regelrechte Grenzvermarkung neben der Vermessung einherging, eine Bedeutung in bezug auf die nachträgliche Sicherung des Eigentums an Grund und Boden erlangt, die die ursprünglich geplante der blossen Grundsteuerumlage weit überragt. Denn sie bilden später in vielen Fällen — auch sogar da, wo die ihnen inwohnende Genauigkeit und Zuverlässigkeit kaum weiteren, als

Zweck.

den ursprünglichen Zwecken genügte — das einzige Hilfsmittel, um über den zur Zeit der Vermessung vorhanden gewesenen, später zum Teil verwischten Grenzverlauf Aufschluss zu geben. In dem Masse, in welchem die Erkenntnis des Werts dieser Seite der Katastervermessungen wuchs, wurden seitens der leitenden staatlichen Behörden die Vorschriften bezüglich anzuwendender Messungs- und Berechnungsmethoden und verlangter Genauigkeit den höheren Zwecken angepasst. — Die neueren Katastervermessungen werden von Anfang an unter dem Gesichtspunkt ausgeführt, künftig als Grundlage eines Eigentumskatasters — des Grundbuchs — dienen zu können. Wenn derart eine fortschreitende Entwicklung des Katastervermessungswesens in Rücksicht auf Methode, Zuverlässigkeit und Genauigkeit zu konstatieren ist, welche das Werk je nach der Zeitperiode, in die seine Schaffung fällt, beeinflusst, so waren es andererseits die speziellen Bedürfnisse, wirtschaftlichen Verhältnisse und politischen Gruppierungen der einzelnen Staaten, welche der Schaffung eines homogenen Vermessungswerkes auch nur innerhalb Deutschlands entgegenstanden.

Eigentums-  
kataster.

Innerhalb des hier zur Verfügung stehenden Raumes ist daher eine auch nur annähernd erschöpfende Behandlung der Katastervermessungen Deutschlands unmöglich.

Aufnahme-  
methode.

Gemeinsam ist den verschiedenen Katasterwerken folgendes: Als Grundlage der Aufnahmen dient (vergl. S. 59) ein vom Grossen ins Kleine bis zu Seiten von etwa 1 km Länge herab sich abstufendes Netz von Dreiecken, auf welches sich ein Netz von Polygonzügen stützt. Beide zusammen bilden die Grundlage für die nach einer der in § 5 geschilderten oder aus ihnen kombinierten Methode ausgeführte Stückvermessung. Nun erfolgt die Kartierung in über das ganze Land gleichem, oder je nach der durchschnittlichen Grundstücksgrösse veränderlichem Massstab auf Plänen von bestimmtem Format mit natürlicher (Wege, Flüsse etc.), oder künstlicher (Parallele bzw. Senkrechte zur Achse der Landesvermessung) Abgrenzung. Diese Pläne (Katasterpläne) werden nach den jedem Staat eigentümlichen Vorschriften zeichnerisch ausgeführt und dann auf mechanischem, oder auf zeichnerischem Weg kopiert. Kopien sind den Interessenten zugänglich und befinden sich überdies zu allgemeiner Einsichtnahme auf den Rathäusern der Gemeinden. Jedes Einzelgrundstück erhält eine Nummer, unter welcher es samt seiner (nach §§ 7—9 ermittelten) Flächengrösse, dem Namen des Eigentümers, der Lage- und Kulturbezeichnung nach der Nummernfolge (Realordnung) gemeindeweise bzw. markungsweise geordnet im Kataster (Primärkataster, Lagerbuch, Flurbuch) aufgeführt wird. Ein weiteres Buch (Grundbuch)

Kataster-  
pläne.

Kataster.

enthält denselben Beschrieb, vermehrt noch um Angaben über private Rechtsverhältnisse der Grundstücke und zwar zumeist zusammengestellt für jeden der in alphabetischer Ordnung aufgeführten Besitzer. (Personalordnung.) Grundbuch.

Überall erwies sich nach Schaffung des Vermessungswerkes dessen Fortführung (d. h. Nachtrag der im Laufe der Zeit eingetretenen Veränderungen) als notwendig, und überall ist daher ein besonderer Katasterfortführungsdienst — ganz oder teilweise staatlich — organisiert. Auf die zum Zweck der Katasterfortführung entstehenden und gesammelten Akten (Messurkunden, Handrisse etc.) wird in den Urdokumenten (Katastern) bei jedem Grundstück verwiesen, so dass jede im Lauf der Jahre eingetretene Veränderung in der Begrenzung, oder dem inneren Bestand bequem nachgeschlagen werden kann. Die sämtlichen Grenz- und Kulturänderungen werden durch staatliche Behörden überdies in besonderen Kartenexemplaren nachgetragen. Katasterfortführung.

Als spezielles Beispiel möge die Katastervermessung des Königreichs Württemberg dienen, die in verhältnismässig kurzer Zeit (1818—1840), völlig einheitlich nahezu bis ins kleinste Detail, durchgeführt wurde. Württembergische Katastervermessung.

Das Dreiecksnetz steigt in drei ineinander eingegliederten Stufen und zwar als: Triangulierung.

Netz I. Ordnung mit Seiten von 10 bis 75 km Länge

„ II. „ „ „ „ 4 „ 30 „ „

„ III. „ „ „ „ „ 0,7 „ 5 „ „

herunter und gründet sich auf eine gemessene Basis von ca. 13 km Länge (Solitude—Ludwigsburg), im übrigen aber auf Winkelbeobachtungen. Den Ursprung des rechtwinklig sphärischen Koordinatensystems, auf das die Eckpunkte bezogen wurden, bildet die Tübinger Sternwarte, die Abszissenachse (abgesehen von einer geringen, nachträglich konstatierten Abweichung) der Nordzweig des durch sie gehenden Erdmeridians.

Unter Zugrundelegung der berechneten Koordinaten für die Dreieckspunkte wurde auf dem Felde ein Netz von Linien abgesteckt, deren eine Schar senkrechte Grosskreise zum Nullmeridian (Landesvermessungsachse) in Abständen von je 4000 Fuss bilden. Die hierdurch begrenzten, von West nach Ost ziehenden Streifen heissen Schichten; sie werden mit römischen Ziffern bezeichnet und vom Ursprung aus gegen Nord und Süd je mit I anfangend gezählt. Planbegrenzung.

Als zweite Schar von Linien dienen Parallelkreise zum Nullmeridian ebenfalls in gegenseitigen Abständen von je 4000 Fuss.

Die hierdurch gebildeten von Süd nach Nord ziehenden Streifen heissen Nummern, sie werden mit arabischen Ziffern vom Nullmeridian nach Ost und West je mit 1 anfangend bezeichnet. Durch den Nullmeridian selbst und ihre im Ursprung errichtete Normale wird das Land in die vier „Regionen“: Nord-Ost (N.O.), Süd-Ost (S.O.), Süd-West (S.W.) und Nord-West (N.W.) zerlegt (s. Fig. 80), so dass z. B. durch die Bezeichnung

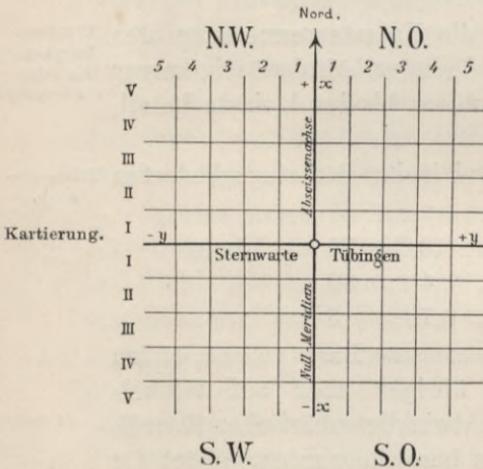
N.O. XXI. 12

ein durch die genannten Linien (ungefähr quadratisch) begrenztes Flächenstück (Kartenblatt) von 4000 Fuss = 1145,69 m Länge und Breite eindeutig bestimmt ist. Dieses bildet die Aufnahmeinheit. Im Anschluss an seine Grenzlinien und die innerhalb liegenden Dreieckspunkte, „Signalpunkte“, erfolgte die Aufnahme der Grundstücke und

Stück-  
vermessung.

Grundstücksteile zumeist nach der Koordinatenmethode. Die hierbei gewonnenen Masszahlen sind in getrennten Feldbüchern, „Landesvermessungsbrouillons“ (die wichtigsten und der württembergischen Landesvermessung eigentümlichsten Dokumente) niedergelegt.

Fig. 80.



Kartierung.

Auch die Kartierung erfolgte nach den künstlichen Grenzen jener Abschnitte (Kartenblätter) und zwar fürs ganze Land einheitlich im Massstab 1 : 2500. (Einzelne Stadt- und Ortsgebiete wurden überdies, gleichfalls nach künstlichen, rechtwinkligen Grenzen, in

grösseren Massstäben, wie 1 : 1250 oder 1 : 1000, dargestellt.) Sämtliche Pläne „Flurkarten“ enthalten die Eigentums-, Kultur- und politischen Grenzen, alle Arten von Wegen und Wasserläufen, die Zeichnung der Kulturarten, die Namen der Oberämter, Markungen und Gewände, jedoch keine Parzellnummern und werden durch Lithographie vervielfältigt. Abdrücke sind käuflich (Preis 90 Pfg.) zu haben.

Flächen-  
berechnung.

Die Flächenberechnung der Grundstücksteile wurde in Heften „Messregistern“, nach Kartenblättern getrennt, und wie die Aufnahme, ohne Rücksicht auf die politischen (Markungs-, Gemeinde-, Oberamts-, Kreis-) Grenzen, in der Hauptsache aus Originalmassen, soweit dies nicht möglich war (z. B. bei Wegen, Flüssen etc.), dagegen reingraphisch ausgeführt.

Die Sammlung der berechneten Flächenstücke und die Zusammenstellung zu ganzen Parzellen und Gemeindemarkungen erfolgte nach geschעהner markungsweiser Numerierung (Gebäude, Feldgüter, Ortswege, Hauptstrassen, Vizinalwege, Feldwege, Flüsse, Bäche, Wassergräben und — seit deren Bestehen — Eisenbahnen je mit 1 anfangend) in der Ordnung der Parzellnummern im „Primärkataster“. Neben der näheren Lagebezeichnung (Kartenummer, Gewandnamen) und der Flächengrösse gibt dieses noch die Kulturart der Grundstücke und die Namen der Eigentümer an.

Numerierung.

Kataster.

Eine Abschrift des Primärkatasters, sowie des Verzeichnisses der trig. Signalpunkte samt Übersichtsplan und — soweit die Gemeinden hierfür die Mittel bewilligten — auch der Landesvermessungsbrouillons und je eines Exemplars der mit Parzellnummern versehenen Flurkartenabdrücke befindet sich auf den Ortsregistaturen, die Originalakten der Landesvermessung samt den lithographischen Steinen dagegen in der Obhut des königlichen Katasterbureaus in Stuttgart.

Zur bequemeren Übersicht tragen die Gemeindekarten ausser der allgemeinen Landesbezeichnung (z. B. N.O. XXI. 12) noch weitere, in jeder Gemeindemarkung mit I beginnende, von West nach Ost und von Nord nach Süd fortschreitende „Gemeindekartenummern“.

Bezeichnung der Katasterkarten.

### Katasterfortführung.

Im Falle von Veränderungen in der Benützungsart oder Begrenzung von Grundstücken sind die Grundeigentümer gehalten, Messurkunden und Handrisse darüber beizubringen, welche sich auf die Landesvermessungsdokumente, oder auf die seit der Landesvermessung bereits gelieferten Messurkunden stützen und welche zur alljährlichen Ergänzung eines bei der Bezirksgeometerstelle befindlichen Kartenexemplars (Ergänzungskarte) dienen. Die Gemeinden lassen ihr Exemplar von Flurkartenabdrücken hiernach ebenfalls alljährlich ergänzen.

Messurkunden über Veränderungen.

Ergänzungskarte.

Die Messurkunden samt Handrissen werden in besonderen, bezügl. Angabe der von Veränderungen betroffenen Grundstücke und Einfluss der ersteren auf die Gesamtmarkungsfläche jahrgangsweise abgeschlossenen „Messurkundenbänden“ gesammelt, die in der betreffenden Ortsregistratur aufbewahrt werden. Auf sie wird in der Primärkatasterabschrift, wie im Eigentumskataster (Grundbuch) und im Steuerbuch verwiesen.

Messurkundenbände.

Ausser den bereits genannten Akten (Primärkataster, Flurkarten, Verzeichnis der Signal-, der trigonometrischen und der polygonometrischen Punkte, Abschriften der Landesvermessungs-

Auf den Rathhäusern befindliche Vermessungsakten.

brouillons, Messurkundenbände) enthält jede Ortsregistratur noch folgende Dokumente der Katastervermessung:

1) Den Ergänzungsband Teil I, enthaltend den buchmässigen Beschrieb der Veränderungen vom Schluss der Landesvermessung bis zum 1. Juli 1840. — Die zugehörigen, von staatlichen Geometern gefertigten Originalaufnahmen samt Flächenberechnungen befinden sich in einem besonderen Band, dem „Ergänzungsrouillon“.

2) Den Ergänzungsband Teil II, enthaltend den buchmässigen Beschrieb der zwischen dem 1. Juli 1840 und dem 1. Juli 1849 vor sich gegangenen Veränderungen. — Die zugehörigen, von Privatgeometern beigebrachten Handrisse und Messurkunden sind in einem besonderen Band, Messurkundenband pro 1840/49, vereinigt, gelten nur als Beilagen zum Ergänzungsband II und sind nicht jahrgangsweise abgeschlossen.

Änderungs-  
protokoll.

3) Das Änderungsprotokoll zum Primärkataster (bis zum Jahr 1900 „Güterbuchsprotokoll“), in welchem der Ratschreiber die zur Kenntnis der Gemeindebehörden kommenden Veränderungen an der Begrenzung, oder dem inneren Bestand der Grundstücke in der Reihenfolge des Anfalls notiert und welches alljährlich abgeschlossen wird. Die erfolgte Berücksichtigung der auf Grund des Eintrags im Änderungsprotokoll von den Beteiligten beigebrachten Messurkunden in den Ergänzungskarten, dem Primärkataster und dem Steuerbuch, sowie die erfolgte Vermarkung der neu entstandenen Eigentumsgrenzen wird teils im Messurkundenband und auf den einzelnen Messurkunden, teils im Änderungsprotokoll von den betreffenden Beamten beurkundet.

Auf Grund der genannten Akten der Landes- (Kataster-) Vermessung wurden das Grundeigentumskataster „Grundbuch“ und das Steuerbuch, auf Grund der Katasterkarten und der wasserrechtlichen Konzessionen das Wasserrechtsbuch angelegt.

Grundbuch.

Die Anlage und Führung des Grundbuchs ist geordnet durch das Bürgerliche Gesetzbuch und die Grundbuchordnung (Reichsgesetz vom 18. Aug. 1896, Landesgesetz vom 28. Juli 1899, Königl. Verordnung vom 30. Juli 1899 und Verfügung des Justizministeriums vom 2. Sept. 1899). In jeder Gemeinde des Landes ist ein Grundbuchamt errichtet und es bildet der Gemeindebezirk zugleich den Grundbuchamtsbezirk. Das Grundbuchamt wird für die Regel von dem Bezirksnotar verwaltet, zu dessen Bezirk die betreffende Gemeinde gehört.

Hinsichtlich exemter standesherrlicher und ritterschaftlicher Güter ist das Amtsgericht, in dessen Bezirk das betreffende Gut liegt, als Grundbuchamt bestellt.

Das Grundbuchsystem dient dem Immobiliarsachenrecht als Grundlage. Alle Grundstücke, soweit nicht gewisse Kategorien vom Gesetz ausgenommen sind (Grundstücke des Königs und anderer Landesherren, der Bundesstaaten, des Reichs, der bürgerlichen Gemeinden, der Kirchengemeinden und der Amtskorporationen, sowie die öffentlichen Wege und Gewässer etc.), sind dem Buchzwang unterworfen.

Jedes dem Buchzwang unterliegende Grundstück erhält im Grundbuch eine besondere Stelle, das Grundbuchblatt des betreffenden Grundstücks. Die an jedem einzelnen Grundstück bestehenden Rechte werden durch das Grundbuch nachgewiesen. Die Erwerbung dieser Rechte ist für die Regel von der Eintragung des Inhalts der, vor einem Notar abzuschliessenden, Rechtsgeschäfte im Grundbuch abhängig.

Zu Gunsten desjenigen, welcher ein Recht an einem Grundstück, oder ein Recht an einem solchen Recht durch Rechtsgeschäft in gutem Glauben erwirbt, gilt der Inhalt des Grundbuchs als richtig (öffentlicher Glaube des Grundbuchs). Auf die Angaben über Lage und Grösse des Grundstücks, welche ausschliesslich dem Katastervermessungswerk entnommen sind, erstreckt sich der öffentliche Glaube des Grundbuchs jedoch nicht.

Das Grundbuch besteht aus den einzelnen Grundbuchheften (den nach dem Personalformular geführten gemeinschaftlichen Grundbuchblättern) bezw. den (nur ein Grundstück enthaltenden, nach dem Realformular geführten) Grundbuchblättern.

Das beinahe ausnahmslos gebräuchliche Personalformular enthält einen Titel und drei Abteilungen.

Eingetragen werden:

- a) auf dem Titel die Person des Eigentümers mit Name, Stand oder Gewerbe und Wohnort;
- b) in Abt. I die Beschreibung nach Parzellennummer, Lage, Grösse und Kulturart der selbständigen Grundstücke, welche dem auf dem Titel eingetragenen Eigentümer gehören;
- c) in Abt. II Lasten und Beschränkungen des Eigentums, wie Dienstbarkeiten, Vorkaufsrechte, Reallasten u. s. w.
- d) in Abt. III Hypotheken, Grund- und Rentenschulden.

Bei dem Realformular fällt die Bezeichnung des Eigentümers auf dem Titel weg. An ihre Stelle tritt diejenige der Parzellennummer. Abt. I enthält hier eine weitere Spalte zur Bezeichnung des Eigentümers. Im übrigen ist die Einrichtung dieselbe, wie bei dem Personalformular.

Die Eintragungen in das Grundbuch erfolgen für die Regel nicht von Amtswegen, sondern nur auf Antrag derjenigen Person,

deren Recht von der Eintragung betroffen wird, oder zu deren Gunsten die Eintragung erfolgen soll.

Zu dem nach der Personalordnung geführten Grundbuch gehört ein Parzellen- und ein Namenverzeichnis; zu dem nach der Realordnung geführten ein alphabetisches Namensregister. In diesen ist das Grundbuchheft (bezw. Blatt) bezeichnet, in dem das Grundstück aufgeführt ist, bezw. es sind die Nummern der Grundstücke zusammengestellt, welche dem einzelnen Eigentümer gehören.

Interessenten ist die Einsichtnahme des Grundbuchs gestattet.

Wasser-  
rechtsbuch.

Auf Grund des Gesetzes vom 1. Dezember 1900 über die Benützung der öffentlichen Gewässer und nach den Verfügungen des Kgl. Minist. d. Innern vom 4. bis 12. Nov. 1901 Reg.-Blatt Nr. 28 wurden Wasserrechtbücher eingeführt, welche den Zweck haben, die sämtlichen neu entstehenden, wie auch die bei Schaffung des Gesetzes bereits vorhandenen Rechtsverhältnisse an den öffentlichen Gewässern festzustellen und durch Registrierung gegen unbefugte Eingriffe Dritter zu schützen; eine rationelle und möglichst ausgedehnte Wasserbenützung durch Landwirtschaft und Industrie zu fördern; eine sachgemässe Handhabung der Wasserpolizei zu ermöglichen und Wasserstreitigkeiten künftig tunlichst vorzubeugen. In das Wasserrechtbuch müssen alle, die Benützung der öffentlichen Gewässer betreffenden Rechtsverhältnisse eingetragen werden, welche nach Inkrafttreten des Gesetzes unter Mitwirkung der Behörden neu begründet, oder hinsichtlich ihres Bestands oder Umfangs geordnet wurden. Die zum genannten Zeitpunkt bereits bestandenen Rechtsverhältnisse sollen in das Wasserrechtbuch eingetragen werden und zwar bei denjenigen Nutzungsrechten, über deren Bestand und Umfang öffentliche Urkunden (z. B. Konzessionsurkunden) bei den Kreisregierungen vorliegen, von Amtswegen nach vorgängiger Vernehmung der Beteiligten, bei den übrigen nach Beibringung der bezüglichen Beweise, zunächst nur auf Antrag der Beteiligten. Der letzteren Einschränkung wegen vorerst nur als Vormerkbücher und Beweisurkunden für die in ihnen eingetragenen Rechtsverhältnisse dienend und der ausschliessenden Beweiskraft gegenüber nicht eingetragenen Rechten entbehrend, werden die Wasserrechtbücher bei den vier Kreisregierungen des Landes und zwar je von einem technischen und einem administrativen Mitglied, nach Oberamtsbezirken getrennt, geführt.

Innerhalb jedes Oberamtsbezirks zerfallen sie in fünf Teile:

- 1) Das T-Buch für „Triebwerke“ mit oder ohne Stauanlagen.
- 2) Das E-Buch für „Entnahme“ von Wasser mittels einer bleibenden Vorrichtung mit oder ohne Stauanlage.

- 3) Das B-Buch für „Brücken“, Stege, Fuhrten, Fähren etc.
- 4) Das F-Buch für „Flussbau“ (Rechtsverhältnisse, die sich auf die Uferlinien, die Uferbaulast und die Reinigungspflicht beziehen, oder die Unterhaltung der Schutzvorkehrungen gegen Hochwasserschaden bezwecken).
- 5) Das S-Buch für „Sonstiges“ (allgemeine Bezirks- und ortsstatutarische Vorschriften etc.).

Jedem der fünf Bücher eines Oberamtsbezirks ist eine Beilagensammlung, eine Inhaltsübersicht und ein Übersichtsplan (Katasterplan) beigegeben.

Jedes eingetragene Rechtsverhältnis erhält eine innerhalb jedes Oberamts und jeder Rechtsart gesonderte Nummer (z. B. Oberamt Ulm, T Nr. 115).

Jedes Oberamt besitzt eine beglaubigte Abschrift der Einträge seines Bezirks.

Die Einsichtnahme bei der Kreisregierung und dem Oberamt ist jedem Interessenten gestattet, auch werden beglaubigte Abschriften auf Verlangen gegen Kostenersatz ausgefolgt.

Das Steuerbuch. Nach dem Steuergesetz vom 28. August 1873 bezw. 8. August 1903 bildet jede Markung einen besonderen Steuerdistrikt. Für jeden Steuerdistrikt ist ein Verzeichnis — „das Steuerbuch“ — angelegt, worin die zur Entrichtung von Grund-, Gefäll- oder Gebäudesteuer verpflichteten Personen und deren steuerbarer Besitz in alphabetischer Reihenfolge (Personalordnung) beschrieben sind (Verfügung des Finanzministeriums vom 18. Januar 1900, Reg.-Blatt Nr. 5).

Die Steuerbuchführung liegt für die Regel dem Ratschreiber ob.

Wer ein steuerbares Grundstück, Gefäll oder Gebäude erwirbt, hat hiervon vor dem 15. Januar des auf die Erwerbung folgenden Jahres dem Ortsvorsteher Anzeige zu erstatten. Tritt eine sachliche Änderung an einem steuerbaren Objekt ein, so muss die Anzeige hierüber ebenfalls dem Ortsvorsteher spätestens bis zum 15. Januar des auf die Änderung folgenden Jahres gemacht werden. Die Gerichte, Grundbuchbeamten und öffentlichen Notare, sowie die an der Fortführung des Steuerbuchs nicht beteiligten Gemeindebeamten sind verpflichtet, die zum Zwecke der Steuerbuchführung erforderliche Hilfe zu leisten. Deshalb ist namentlich angeordnet, dass die Grundbuchbeamten den Steuerbuchführern periodisch schriftliche Mitteilungen über die in das Grundbuch eingetragenen Veränderungen des Eigentums an Grundstücken (einschliesslich der Gebäude) zu machen haben.

Die Fortführung des Steuerbuchs erfolgt in der Weise, dass die anfallenden Änderungen in der Steuerpflicht auf den 1. Januar jeden Jahres nachgetragen werden. Der Steuerpflichtige wird nach Name, Stand und Wohnort bezeichnet, sodann die Gebäude, hierauf die Gefälle und endlich die Grundstücke aufgeführt. Je am Schluss der einzelnen Steuergattung wird ein entsprechender Raum offen gelassen für späteren Nachtrag neu erworbener Steuerobjekte.

Die Beschreibung der Steueregegenstände umfasst:

Nummer der Markungskarte und der Parzelle oder des Gebäudes; Lage und Kulturart des Objekts; das Flächenmass. Ferner bei Gebäuden sowohl den Steueranschlag (Kapitalwert) als auch die steuerbare 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub>ige Rente dieses Anschlags, bei Grundstücken und Gefällen das Steuerkapital.

Zum Steuerbuch gehört ein alphabetisches Namensverzeichnis der Steuerpflichtigen mit Angabe des Bandes und der Seite des Steuerbuchs, wo sich deren Eintrag findet.

Interessenten ist die Einsichtnahme des Steuerbuchs gestattet.

## Kapitel IV.

### Feinere Winkelmessinstrumente.

#### § 12. Bestandteile der feineren Instrumente.

##### 1) Stative

**Zweck.** sind Gestelle, mittels welcher Instrumente vertikal über einem auf dem Boden gegebenen Punkt in eine für den Gebrauch bequeme Höhe gebracht werden.

Dieselben lassen sich einteilen in:

**Stock-**  
**stativ.**

a) **Stockstative**, hölzerne oder eiserne Stäbe, ca. 1,5 m lang, 3—4 cm stark, unten endigend in eine gehärtete Spitze, oben in ein Schraubengewinde oder eine Bohrung bezw. Prisma zur Befestigung des mit einem Muttergewinde oder mit Metallkugel bezw. Hülse versehenen Instrumententeils.

Stockstative eignen sich nur bei Verwendung in weichem Boden und für die Befestigung von Instrumenten, welche durch Stoss nicht notleiden, bezw. gegen dessen schädliche Folgen durch Verstärkungsplatten, eiserne Rippen etc. geschützt werden können (Kreuzscheiben etc.).

b) **Dreibeinige Stative (Dreifüsse).**

**Zapfen-**  
**stativ.**

a) **Das Zapfenstativ**, Fig. 81, besteht aus einem zylindrischen Kopfstück, das nach unten in ein dreiseitiges Prisma endigt. Gegen die Seitenflächen des letzteren werden beim Gebrauch die drei, an

der betreffenden Stelle eben gearbeiteten, unten in eiserne Spitzen auslaufenden Stativbeine mittels je einer Flügelschraube gepresst.

Das Instrument, zu dessen Aufstellung das Zapfenstativ dienen soll, muss in einer zylindrischen Hülse endigen, welche über den Zapfen gestreift und in ihrer Lage durch eine zentral wirkende Schraube erhalten wird. Das Zapfenstativ ist in Rücksicht auf die wenig sichere Befestigung des Instruments und den kurzen, der Horizontaldrehung entgegenwirkenden Hebelarm nur verwendbar für Instrumente, bei denen eine geringe unbeabsichtigte Drehung in horizontalem Sinn unschädlich ist (Nivellierinstrumente). Dagegen ist es für den Transport bequemer, als

β) Das Scheibenstativ, Fig. 82, bei welchem das zylindrische Kopfstück durch eine ebene (hölzerne oder metallene) Platte ersetzt wird. Diese läuft aus in drei Ansätze, gegen welche während der Benützung die gabelförmig gespaltenen Stativbeine durch Flügelschrauben gepresst werden. Weniger zweckmässig, weil dem Aufsetzen des Instruments hinderlich, ist die Befestigung der Stativfüsse durch Schraubenbolzen, welche die Stativplatte senkrecht durchdringen und unten in Ösen endigen zum Festhalten des Querbolzens der Stativfüsse (ältere Konstruktion).

Soll zum Zweck des Transports oder der Aufstellung die gegenseitige Stellung der Stativbeine geändert werden, so sind unabhängig von der Stativform zuvor die angezogenen Flügelschrauben zu lösen, weil sonst Beschädigungen des Dreifusses eintreten können.

## 2) Das Fernrohr

hat den Zweck, in der Nähe des Beobachters von entfernten Gegenständen ein vergrössertes Bild zu erzeugen. Dieser Zweck wird erreicht durch Verbindung von zwei oder mehr **Konvex-** oder **Sammellinsen**, d. h. linsenförmigen (von zwei Kugelflächen begrenzten) mitten die grösste Dicke zeigenden Glaskörpern. Nach den Gesetzen der Optik

Scheibenstativ.

Fig. 81.

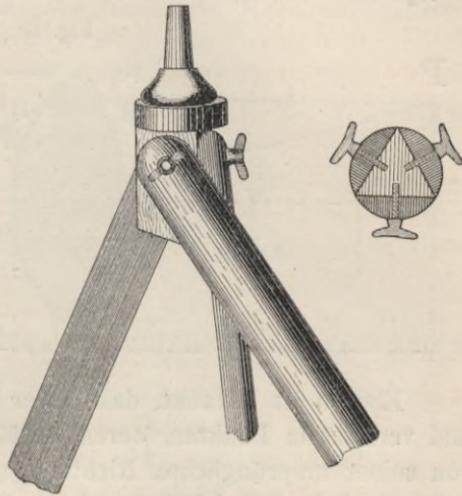
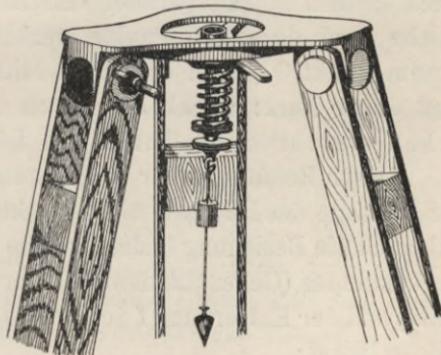


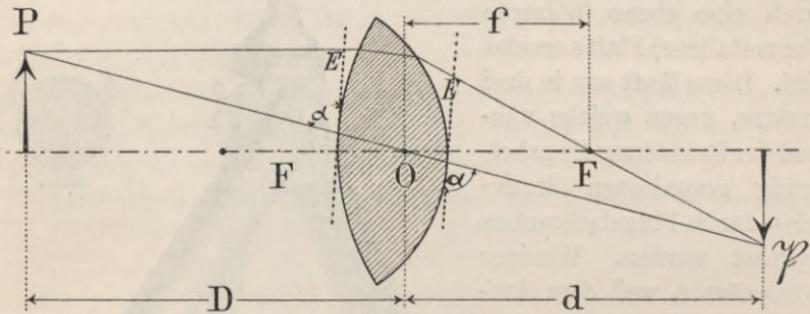
Fig. 82.



Zweck.  
Wirkung  
der Glaslinse  
auf durch-  
tretende  
Licht-  
strahlen.

haben diese die Eigenschaft, Lichtstrahlen, welche von einem Punkt P ausgehen, beim Durchgang so zu brechen, dass sie sich wieder in einem Punkt vereinigen, dort ein Bild  $\mathfrak{B}$  des genannten Punktes P erzeugend (s. Fig. 83). Die Lage dieses Bildes kann man finden, wenn man den Weg zweier Lichtstrahlen bis zu ihrem Schnitt verfolgen kann. Aus der Optik ist nun bekannt, dass jeder Lichtstrahl, welcher parallel zur Verbindungslinie der Mittelpunkte der beiden begrenzenden Kugelflächen (Achse) eine Linse trifft, so abgelenkt wird, dass er durch den Brennpunkt F der Linse (Bildpunkt eines sehr fernen Punktes, z. B. der Sonne) geht.

Fig. 83.



Ebenso ist bekannt, dass jeder Strahl, der die Linse erreicht und verlässt in Punkten, deren Berührungsebenen E parallel sind, von seiner ursprünglichen Richtung nicht abgelenkt, sondern, gerade wie beim Durchdringen gleich dicker, ebener Platten, nur um einen kleinen Betrag parallel verschoben wird. Sämtliche Geraden, welche zwei derartige Punkte verbinden, schneiden sich aber in einem Punkt O, „dem optischen Mittelpunkt der Linse“, und man sagt daher kurz: Strahlen durch den optischen Mittelpunkt gehen ungebrochen durch die Linse.

Durch Benützung der beiden genannten Strahlen lässt sich nicht nur die Lage des Bildes  $\mathfrak{B}$  eines Punktes P zeichnen, sondern es lässt sich auch die Beziehung finden, welche zwischen der Entfernung D des Gegenstandes (Gegenstandsweite), der Entfernung d des Bildes (Bildweite) und der Entfernung f des Brennpunktes (Brennweite) besteht und welche lautet:

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f}, \text{ woraus } d = \frac{Df}{D-f}.$$

- $\left\{ \begin{array}{l} \text{Für } D = \infty \text{ wird damit } d = f, \text{ d. h. das Bild fällt in den} \\ \text{Brennpunkt und ist unendlich klein.} \\ \text{Für } D = 2f \text{ wird damit } d = \frac{2f^2}{f} = 2f, \text{ d. h. Bildweite und} \\ \text{Gegenstandsweite sind gleich gross, ebenso wie Bild} \\ \text{und Gegenstand selbst.} \end{array} \right.$

Wir erkennen: 1) Nimmt die Gegenstandsweite bis zur doppelten Brennweite ab, so nimmt die Bildweite erst langsam, dann aber immer rascher von  $f$  bis  $2f$  zu. Die Linse erzeugt von dem Gegenstand  $AB$  (Fig. 84) ein umgekehrtes reelles Bild  $\mathfrak{A}\mathfrak{B}$  (das sich auf einer in der Entfernung der Bildweite aufgestellten Wand auffangen lässt) und das kleiner ist als der Gegenstand. (Für  $D = 2f = d$  wird das Bild so gross als der Gegenstand.)

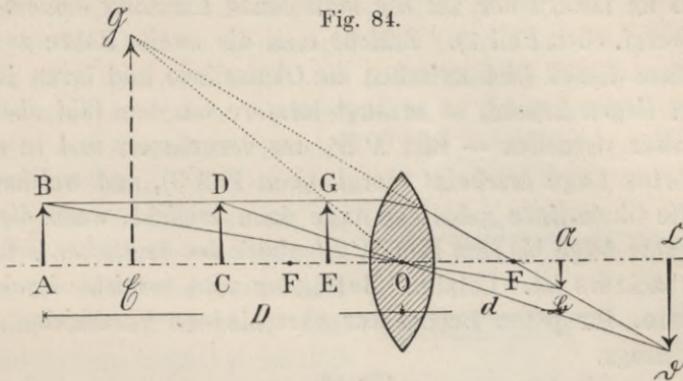


Fig. 84.

Dies ist die Wirkung der dem Gegenstand zugekehrten Linse (Objektivlinse) des Fernrohrs.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Für } D = \frac{3}{2}f \text{ wird } d = \frac{\frac{3}{2}f^2}{\frac{1}{2}f} = 3f \\ \text{„ } D = f \text{ „ } d = \frac{f^2}{0} = \infty \end{array} \right.$$

d. h. 2) Sinkt die Gegenstandsweite unter die doppelte Brennweite herab, bleibt aber grösser als die Brennweite, so entfernt sich das Bild  $\mathfrak{C}\mathfrak{D}$  des Gegenstandes  $CD$  (s. Fig. 84) sehr rasch von der Linse und wird immer grösser, es bleibt aber reell und umgekehrt.

Diese Wirkung wird benützt, wenn man mittels Projektionsapparaten Bilder von kleinen Gegenständen stark vergrössert auf eine Wand wirft. (Demonstrationsmittel.)

Für  $D = kf$  (wo  $k < 1$ ) wird  $d = \frac{kf^2}{f(k-1)} = \frac{kf}{k-1}$  also negativ

d. h. 3) Liegt der Gegenstand  $EG$  zwischen Brennpunkt und Linse, so erzeugt letztere ein aufrechtes, vergrössertes, virtuelles (nicht mehr reelles) Bild  $\mathfrak{E}\mathfrak{G}$  auf derselben Seite, auf welcher sich der Gegenstand befindet — die Linse wird zur „Lupe“ (s. Fig. 84). Dies ist die Wirkung der zweiten, dem Auge zugekehrten Linse (Okularlinse) im Fernrohr.

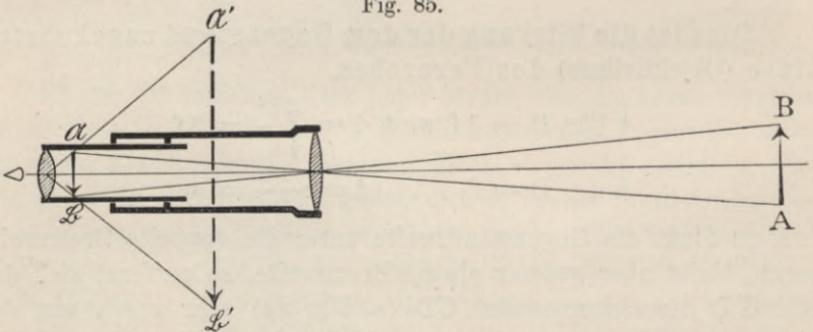
Das **einfache** oder **Keplersche Fernrohr** besteht aus zwei, je mit einer zylindrischen Röhre verbundenen Linsen, von denen die grössere, dem Zielpunkt zugekehrte „Objektivlinse“, die kleinere,

Einrichtung  
des ein-  
fachen  
Fernrohrs.  
Wirkung  
von dessen  
Linsen.

dem Auge zugekehrte „Okularlinse“ heisst. Die Röhren sind ineinander verschiebbar, um die gegenseitige Entfernung der beiden Linsen beliebig verändern zu können (Fig. 85).

Dringen von einem entfernten Gegenstand  $AB$  Lichtstrahlen durch die Objektivlinse, so vereinigen sich hinter derselben je die von einem Punkt dieses Gegenstands ausgehenden und erzeugen von eben diesem Punkt ein umgekehrtes, reelles, verkleinertes Bild  $\mathcal{U}\mathcal{B}$  im Innern der auf die betreffende Richtung eingestellten Röhre (vergl. oben Fall 1). Schiebt man die zweite Röhre so nahe heran, dass dieses Bild zwischen die Okularlinse und ihren Brennpunkt zu liegen kommt, so erzeugt letztere von dem Bild abermals ein — aber virtuelles — Bild  $\mathcal{U}'\mathcal{B}'$ , das vergrössert und in seiner umgekehrten Lage erscheint (vergl. oben Fall 3), und welches das hinter die Okularlinse gehaltene Auge dann erblickt, wenn die Entfernung vom Auge bis zum Bild  $\mathcal{U}'\mathcal{B}'$  gleich der deutlichen Sehweite des Beobachters ist. Letztere Bedingung wird erreicht durch entsprechende, für jeden Beobachter verschiedene Verschiebung des Okularauszugs.

Fig. 85.



Das einfache (Keplersche) Fernrohr liefert jedoch Bilder mit farbigen Rändern (infolge der verschieden starken Brechung der in ihrer Gesamtheit die Farbe weiss erzeugenden farbigen Strahlen beim Durchtritt durch die Objektivlinse), die überdies und zwar um so stärker verzerrt erscheinen, je grösser das benützte Gesichtsfeld ist. Diese Mängel lassen sich vermeiden, wenn die einfache Objektivlinse durch eine entsprechende Doppellinse mit Glassorten von verschiedener Dichtigkeit und die Okularlinse durch eine Verbindung von zwei Linsen (Kollektiv- und Okularlinse) ersetzt wird. (Huyghen-, s. Fig. 86, bzw. Ramsdenokular.) Die äusseren (Rand-) Strahlen, welche namentlich unklare, verzerrte Bilder liefern würden, werden überdies noch durch Blenden (Diaphragmen) abgehalten.

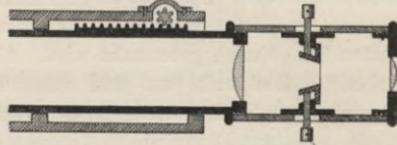
Soll ein Fernrohr zum genauen Einstellen auf bestimmte Punkte dienen, so erhält es an der Stelle, wo das umgekehrte,

Zusammen-  
gesetzte  
Okulare und  
Objektive.

reelle Bild  $\mathfrak{AB}$  entsteht, ein Fadenkreuz (zwei zueinander senk- Fadenkreuz.  
 rechte Spinnfäden, oder fein eingerissene und geschwärzte Linien  
 auf Glasplättchen), von welchem, wie von dem Bilde  $\mathfrak{AB}$  selbst, die  
 Okularlinse ein vergrössertes Bild erzeugt. Das Fadenkreuz wird  
 auf der hinteren Blende, deren sonst beliebig zu wählender Ort eben  
 durch diese Funktion bestimmt wird und welche aus einer von vier  
 Schrauben (Korrektionsschrauben) gehaltenen Blechplatte mit kreis-  
 förmigem Ausschnitt besteht, aufgespannt (s. Fig. 86).

Befindet sich die Blende und damit das Fadenkreuz zu nahe,  
 oder zu fern dem Okularglas, so trifft dasselbe mit dem Bild des  
 Fadenkreuzes zu; dieses erscheint nicht in der deutlichen Sehweite  
 vom Auge und ist undeutlich, oder  
 gar nicht sichtbar. Es ist daher  
 — für jeden Beobachter ein für  
 allemal — die Entfernung zwischen  
 Okularglas und Fadenkreuz durch  
 Probieren so zu regeln, dass  
 das Fadenkreuz möglichst deutlich

Fig. 86.



sichtbar ist. Zu diesem Zweck wird das Fernrohr in beliebiger Stellung  
 des Okularauszugs gegen einen hellen Hintergrund gerichtet und als-  
 dann das samt seiner Fassung eingeschraubte Okularglas, oder das  
 in Längsschlitz durch Schrauben festgehaltene Diaphragma (Blende)  
 so verschoben, dass das Fadenkreuz deutlich schwarz erscheint.

Die Verbindungslinie des optischen Mittelpunkts vom Ziellinie.  
 Objektiv mit dem (samt der Okularröhre und der Okularlinse in  
 der Längsachse des Fernrohrs verschiebbaren) Kreuzungspunkt  
 der beiden Fäden heisst Ziellinie. Sie wird beim Anzielen  
 eines Punktes mit der durch den Punkt, sein Bild und den ge-  
 nannten optischen Mittelpunkt der Objektivlinse bestimmten Geraden  
 zum Zusammenfallen (Kollimation) gebracht. Zu diesem Zwecke ist  
 die Okularröhre mittels des Getriebes (bei jeder Zielung aufs neue)  
 so zu stellen, dass das Bild des Zielpunktes deutlich sichtbar ist,  
 „hell stellen“. Alsdann bringt man das bei jeder Okularstellung  
 gleich gut sichtbare Bild des Kreuzungspunktes der Fäden zur  
 Deckung mit dem Bild des Zielpunktes „einstellen“.

Entsteht das Bild des Zielpunktes nicht in der Ebene des Parallaxe.  
 Fadenkreuzes (was nur der Fall sein kann, wenn das Bild des  
 Gegenstands, oder dasjenige des Fadenkreuzes, oder beide sich nicht  
 in deutlicher Sehweite vom Auge befinden), so scheinen beim Hin-  
 und Herbewegen des Auges vor der Okularlinse die von ihr erzeugten  
 vergrösserten Bilder beider sich gegeneinander zu verschieben.  
 Diese Erscheinung heisst „Parallaxe“, sie macht die genaue Ein-

stellung eines Punktes unmöglich. Sie rührt her entweder von mangelhaftem Hellstellen, oder, wenn das Fadenkreuz unklar, von unrichtiger Entfernung zwischen Okularglas und Fadenkreuz. Um sie wegzuschaffen, ist also im ersteren Fall der ganze Okularauszug mittels des Okulargetriebes, im zweiten Fall, (bei unrichtiger Entfernung des Fadenkreuzes vom Okularglas) Blende oder Okularglas wie oben gezeigt zu verschieben.

Gang des  
Okular-  
auszugs.

Vom Okularauszug muss verlangt werden, dass bei Benützung der Trieb- schraube der Kreuzungspunkt der Fäden sich genau in einer Geraden bewege, die durch den optischen Mittelpunkt des Objektivs geht. Trifft dies nicht zu, so ändert die Ziellinie beim Verschrauben des Okularkopfes ihre Richtung. Zur Untersuchung dieser Forderung, zunächst a: in Beziehung auf die horizontal- projizierende Ebene stellt man das Fernrohr genau über einem festen Punkt auf und richtet gegen einen zweiten ca. 100 m entfernten Punkt eine Anzahl von Zwischenpunkten in ca. 10 m gegenseitiger Entfernung mehrfach so scharf als möglich ein (Bleistiftstrich, Ritz mit dem Messer), wobei der Okularauszug seiner ganzen Länge nach gebraucht wird. Alsdann stellt man das Fernrohr über dem vorherigen Zielpunkt auf und untersucht, ob von hier aus gesehen sämtliche eingewiesenen Punkte wieder in der Geraden erscheinen. Eine etwaige Abweichung würde, richtiges Einweisen vorausgesetzt, von unregelmässigem Gang des Okular- auszugs herrühren, und dazu nötigen, entweder auf dessen Benützung zu verzichten (Wahl möglichst gleicher und grosser Zielweiten) oder den Fehler zu beseitigen. Untersuchung b: in Beziehung auf unveränderlichen Vertikalwinkel s. hinten bei: Nivellieren aus der Mitte.

Fernrohr-  
vergrösse-  
rung.

Unter Fernrohrvergrösserung versteht man das Verhältnis zwischen der mit blossen Auge wahrgenommenen Grösse eines ent- fernten Gegenstandes und der Grösse seines durchs Fernrohr ge- sehenen Bildes. Sie ist gleich dem Verhältnis der Brennweiten von Objektiv- und Okularlinse, und wird am einfachsten ermittelt, wenn man eine Backsteinwand, oder Nivellierlatte mit dem einen Auge direkt, mit dem andern durchs Fernrohr betrachtet. Die Zahl der mit freiem Auge gesehenen Backsteinschichten bezw. cm, deren Ge- samthöhe der Höhe des Fernrohrbildes einer Schicht bezw. eines cm gleichkommt, gibt die Vergrösserung an.

Ter-  
restrisches  
Fernrohr.

Das bisher betrachtete, „astronomische“ Fernrohr erzeugt um- gekehrte Bilder. Bei mangelnder Übung des Beobachters erscheint dies störend, namentlich wenn mittels des Fernrohrs eingewiesen, oder an einer Teilung abgelesen werden soll. Zur Abhilfe erweitert man durch Einschaltung einer kleinen Objektivlinse den Okular- auszug des bisherigen astronomischen Fernrohrs selbst wieder zu einem astronomischen Fernrohr im kleinen, das gegen das um- gekehrte, durch die Objektivlinse erzeugte Bild gerichtet wird, und von ihm ein abermals umgekehrtes, also jetzt wieder aufrechtes Bild erzeugt (terrestrisches Fernrohr). Natürlich geht durch die Einschal- tung der weiteren Linse ein Teil der Helligkeit des Bildes verloren.

3) Der **Nonius** dient, wie der Transversalmassstab (s. S. 64), zur Ablesung von Bruchteilen einer Teilung, die, ohne an Übersichtlichkeit einzubüssen, nicht mehr weiter untergeteilt werden kann. Er besteht aus einer zweiten Teilung, die an der ersten verschoben wird, sich aber von dieser dadurch unterscheidet, dass eine gewisse Strecke der ersteren das Gesamtmaß für eine um 1 vermehrte (seltener verminderte) Zahl von Teilen abgibt. Zur ganzen Noniuslänge von  $n$  Teilen werden also von der Hauptteilung nur  $(n - 1)$  Teile verwendet. Die Differenz  $D$  („direkte Ablesung“, „Noniusangabe“) der Länge  $N$  eines Noniusteils und der Länge  $L$  eines Hauptteils beträgt demnach

Nonius.  
Ein-  
richtung.

$$D = L - N = L - \frac{(n \mp 1)L}{n}$$

$$D = \pm \frac{1}{n} L.$$

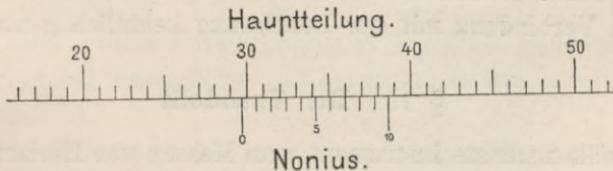
Je kleiner die „direkte Ablesung“ oder „Noniusangabe“ ist, um so schärfer kann innerhalb der deutlichen Wahrnehmbarkeit, entsprechend genaue Hauptteilung vorausgesetzt, abgelesen werden.

Ge-  
nauigkeit.

Liegt der Nonius so an der Hauptteilung, dass sein mit 1 bezifferter Teilstrich mit einem Strich der Hauptteilung übereinstimmt, so ist sein Nullstrich (Teilungsanfang) um  $1 \times D$  von dem ihm zunächst gelegenen Strich der Hauptteilung nach vorwärts verschoben, stimmt der mit 2 bezifferte Noniusteilstrich mit einem Strich der Hauptteilung überein, so ist die Entfernung des Nullstrichs von dem ihm zunächst gelegenen Strich der Hauptteilung  $= 2 \times D$ ; stimmt endlich der mit  $r$  bezifferte Noniusteilstrich mit einem Strich der Hauptteilung überein, so ist der Nullstrich des Nonius um  $r \times D$  gegenüber dem ihm vorhergehenden Strich der Hauptteilung vorgeschoben.

An-  
wendung.

Fig. 87.

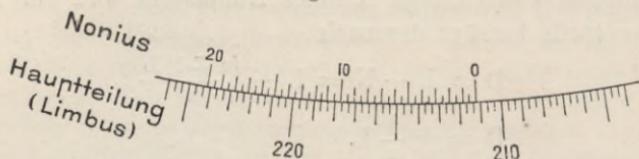


Umgekehrt kann man daher die genaue Lage des Nullstrichs (Zeigers) der Noniusteilung zwischen zwei Strichen der Hauptteilung dadurch bestimmen, dass man zu dem kleineren Wert von beiden das Maß  $r \times D$  addiert, um welches dieser Nullstrich vorgeschoben werden musste, damit die konstatierte Übereinstimmung des  $r$ ten Noniusstrichs erfolgte.

1. Beispiel. Die durch neun Teile einer Hauptteilung vor-  
gestellte Strecke wurde auf dem Nonius in zehn gleiche Teile ge-  
teilt und es wurden die Teilstriche mit 0 bis 10 bezeichnet (Plani-  
meter, Barometer, Kalibermassstab etc.). Welche Ablesung ent-  
spricht dem Nullstrich (Zeiger) des Nonius, wenn derselbe (s. Fig. 87)  
sich zwischen 29 und 30 der Hauptteilung befindet, und der Strich 7  
des Nonius mit einem Teilstrich der Hauptteilung übereinstimmt?

Antwort.  $29 + 7 \times \frac{1}{10} L = 29,7$ .

Fig. 88.



2. Beispiel. Ein Vollkreis ist in 1080 gleiche Teile je zu  $\frac{1}{3}^\circ$  geteilt. Der durch 39 Teile vorgestellte Bogen wurde auf dem  
Nonius in 40 gleiche Teile zerlegt. Welche Ablesung entspricht  
dem Nullstrich (Zeiger) des Nonius, wenn er (s. Fig. 88) sich  
zwischen den Werten  $211^\circ 00'$  und  $211^\circ 20'$  der Hauptteilung be-  
findet und wenn sein 23<sup>ter</sup> Strich mit einem Strich der letzteren  
übereinstimmt?

Antwort: Die direkte Ablesung ist

$$D = \frac{1}{n} L = \frac{1}{40} \cdot 20' = 30'',$$

somit Ablesung im vorliegenden Fall

$$211^\circ 00' + 23 \times 30'' = 211^\circ 11' 30''.$$

Um die Rechnung von  $r \times D$  zu sparen, sind die Noniusstriche  
nicht mit 1, 2, 3 . . . , sondern mit  $1 \times D$ ,  $2 \times D$ ,  $3 \times D$  . . .  
bezfiziert, bzw. es sind diese Werte durch die verschiedenen Strich-  
längen in Verbindung mit der Bezifferung kenntlich gemacht.

### § 13. Der Theodolit

ist das vollkommenste Instrument zum Messen von Horizontal- und,  
wenn ein Vertikalkreis vorhanden ist, auch von Vertikalwinkeln.

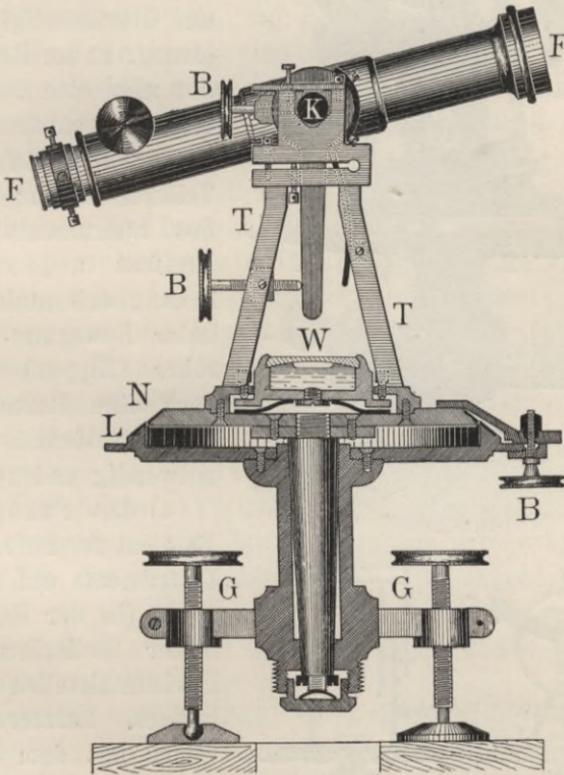
Seine Hauptbestandteile sind (s. Fig. 89 und 90):

Fernrohr.

1) die Zielvorrichtung F (Fernrohr), der zum Zweck des  
Anzielens beliebig liegender Punkte Horizontal- und Vertikalbewegung  
muss erteilt werden können. Je stärker die Fernrohrvergrößerung,  
um so grösser die Zielungsgenauigkeit, aber auch um so länger und  
schwerer das Fernrohr und der zu seiner Führung nötige Unterbau.

2) Ein Horizontalkreis L zur Messung der mit dem Fernrohr ausgeführten Horizontalrotation. Auf einem am Saum (Limbus) eingelegten Silberstreifen ist eine Winkelteilung in feinen Linien eingerissen, deren Mittelpunkt in der vertikalen Drehachse liegt, welche die Horizontalrotation des Fernrohrs ermöglichte. Je grösser der Teilkreisdurchmesser, um so genauer die Winkelablesung, um so schwerer aber der Unterbau.

Fig. 89.

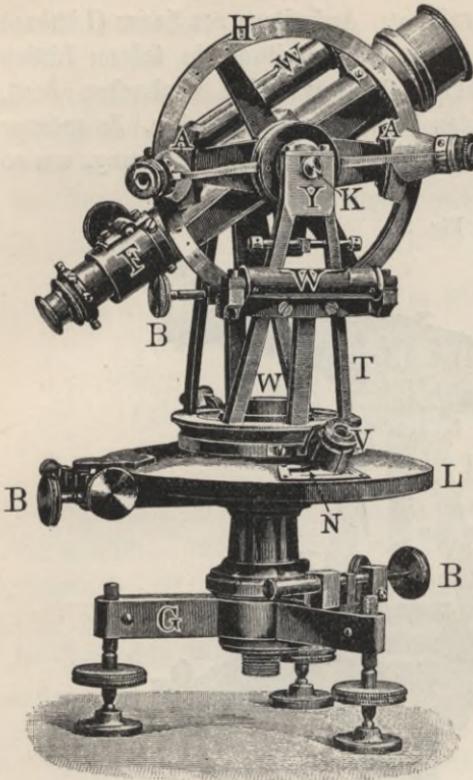


3) Eine Ablesevorrichtung N (Zeiger, Alhidade), welche die horizontalen Bewegungen des Fernrohrs mitmacht und auf dem Limbus anzeigt.

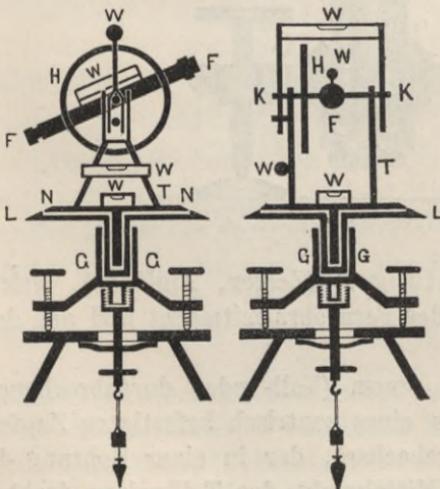
Diese Alhidade ist zu einem (Voll- oder durchbrochenen) Kreis ausgebildet und mittels eines zentrisch befestigten Zapfens (Alhidadenachse, vertikale Drehachse), der in einer Bohrung der Limbusachse läuft, um den Mittelpunkt des Teilkreises drehbar. Die Ablesevorrichtung selbst besteht aus (zur Eliminierung des Einflusses etwaiger Exzentrizität beider Kreise in der Regel mehreren) Nonien, gegen welche zur Verfeinerung der Ablesung Lupen V (s. Fig. 90) gerichtet sind, oder aus Mikroskopen.

Ablesevorrichtung.

Fig.90.



Fussgestell.



Fernrohr-  
träger.

Je stärker die Lupenvergrößerung, um so kleiner kann die Noniusangabe gehalten werden, um so länger ist aber bei bestimmter Limbusteilung der Nonius, um so kleiner das Gesichtsfeld der Lupe, also die Bequemlichkeit und Geschwindigkeit der Ablesung. In der Regel verwendet man eine 2 bis 8 fache Lupenvergrößerung.

Zur Horizontalstellung des Teilkreises, zur Verbindung des Instruments mit dem Dreifuss und zur Ermöglichung horizontaler und vertikaler Bewegung des Fernrohrs (Kippen) ist ferner noch eine Reihe von Verbindungsstücken, Achsen etc. notwendig und zwar

4) das Fussgestell G. Es dient zur Befestigung des Instruments auf dem Stativ, sowie (in der Regel mittels dreier Stellschrauben) zum Horizontalstellen des Teilkreises. Letzterer ist entweder mit dem Fussgestell starr verbunden (einfacher Theodolit s. Fig. 89), oder er kann mittels einer ihm zentrisch befestigten vertikalen Achse (Limbachse), welche in einer Büchse des Fussgestells läuft (Repetitions- oder besser Multipli-

kationstheodolit, siehe Fig. 90), horizontale Drehungen ausführen.

5) Die Träger T für die Zielvorrichtung. Diese Träger sind mit der Alhidade durch Schrauben verbunden und endigen oben in Y-förmigen Lagern zur Aufnahme der Horizontal- oder Kipp-

achse K des Fernrohrs. Sie haben den Zweck, in Verbindung mit der Kippachse (s. nachher) Vertikal- (Kipp-) Bewegungen des Fernrohrs zu ermöglichen.

6) Die Kippachse oder horizontale Achse K des Fernrohrs ist mit letzterem senkrecht zu dessen Längsachse mittels eines der Kippachse angegossenen Rings, in dem es durch Schrauben festgehalten wird, starr verbunden und ruht in den Lagern der Träger. Beim Kippen des Fernrohrs muss die Ziellinie eine Ebene beschreiben, die senkrecht steht auf der Teilkreisebene.

Kippachse.

7) Die Horizontiervorrichtung W besteht in einer Dosenlibelle auf der Alhidade oder einer Röhrenlibelle entweder an den Fernrohrträgern parallel zur Zielrichtung (Trägerlibelle), oder (als Reiterlibelle) zum Aufsetzen auf der Kippachse. Auch die allenfalls auf dem Fernrohr befestigte Nivellierlibelle kann zur Not für die Horizontierung des Instruments verwendet werden.

Horizontier-  
vorrichtung.

8) Die Vorrichtungen B für Bremsung, Feinbewegung und Federung haben den Zweck, die leichte Bewegung, sowie die Feststellung einzelner, gegeneinander beweglicher Instrumententeile — Fussgestell und Limbus, Limbus und Alhidade, Kippachse und Träger — zu regeln.

Bremsung,  
Fein-  
bewegung,  
Federung.

Soll das Instrument neben der Messung von Horizontalwinkeln auch diejenige von Vertikalwinkeln ermöglichen, so ist noch

9) ein Höhenkreis (Vertikalkreis) H nötig, der mit der Kippachse fest verbunden, alle ihre Bewegungen mitmacht und eine Teilung ähnlich der des Limbus trägt. Die zugehörige Ablesevorrichtung A ist an den Trägern befestigt und besteht wie die des Horizontalkreises aus zwei einander gegenüberstehenden Nonien mit Lupen oder aus Mikroskopen.

Höhenkreis.

In Rücksicht auf die Zahl der vertikalen Drehachsen unterscheidet man zweierlei Bauarten von Theodoliten, welche verschiedene Beobachtungsmethoden bedingen, nämlich

Einteilung  
des  
Theodoliten.

1) den einfachen Theodoliten (Fig. 89), bei welchem der Teilkreis fest mit dem Fussgestell verbunden, und nur eine vertikale Drehachse, die Alhidadenachse vorhanden ist und

2) den Repetitions- oder Multiplikationstheodoliten (Fig. 90), dessen Teilkreis selbst wieder um eine vertikale Achse (Limbusachse) in der Büchse des Fussgestells drehbar ist, der also zwei Vertikalachsen besitzt.

Ist die Anordnung getroffen, dass man das Fernrohr um 4 R kippen (durchschlagen) kann, so heisst man das Instrument (gleichgültig, ob es mit einer, oder mit zwei vertikalen Drehachsen ausgestattet ist) einen Kompensationstheodolit, weil durch Be-

nützung des Fernrohrs in beiden Lagen die Wirkung von Instrumentenfehlern kompensiert wird.

Winke für die Anschaffung von Theodoliten.

Fernrohrvergrößerung und Teilkreisdurchmesser, Teilkreisintervall, Lupenvergrößerung und Nonienangabe sind insofern von einander abhängig, als es z. B. zwecklos wäre, die Zielgenauigkeit über ein gewisses Mass hinaus zu steigern, ohne gleichzeitig auch die Ablesegenauigkeit in demselben Mass zu erhöhen und umgekehrt. Sie sind aber in erster Linie von dem Zweck der mit dem Instrument zu leistenden Arbeit, bezw. von den dafür aufzuwendenden Mitteln abhängig, weil grössere Instrumente bei entsprechender Konstruktion zwar grössere Genauigkeit erwarten lassen, die Arbeit und den Transport aber erschweren und verteuern.

Für die gewöhnlichen Absteckungen und Polygonwinkelmessungen genügen Teilkreisdurchmesser von 12 cm zwischen den beiden Noniusablesestellen, 20—30fache Fernrohrvergrößerung, Teilkreisintervalle von  $\frac{1}{3}^{\circ}$  alter Teilung,  $\frac{1}{2}^{\circ}$  neuer „  
5 fache Lupenvergrößerung und 30“ alter Teilung 1' neuer „ Noniusangabe.

Behandlung des Theodoliten beim Transport.

Wegen der Empfindlichkeit seiner Konstruktionsteile gegen Stoss und Verbiegung ist der Theodolit beim Transport sorgfältig gegen derartige Einwirkungen zu schützen. Vor dem Herausnehmen aus dem Kasten und vor dem Einpacken in den Kasten sind sämtliche Bremsschrauben zu lösen, die deshalb im Kasten nach vorn (gegen die Öffnung) anzuordnen sind. Jede grössere Kraftanwendung ist dabei zu vermeiden. Erst wenn festgestellt ist, dass das Instrument im Kasten die richtige Lage hat, werden die Bremsschrauben angezogen und der Kasten geschlossen.

#### § 14. Anwendung des Theodoliten.

Aufstellung.

Zum Zweck der Benützung ist der Theodolit zentrisch über dem gegebenen Winkelscheitel und mit horizontalem Teilkreis aufzustellen. Zunächst wird er daher auf dem Stativ mittels einfacher Vorrichtung (Zentralschraube, Stengelhaken s. Fig. 82) befestigt und alsdann ersteres mit gelösten Flügelschrauben so über den Scheitelpunkt gebracht, dass die Stativscheibe nahezu horizontal ist und der an verlängerter Vertikalachse angehängte Senkel auf dem gegebenen Punkt einspielt. Jetzt werden die Flügelschrauben des Stativs angezogen. Die Horizontierung erfolgt mittels der Stellschrauben am Fussgestell und zwar bei vorhandener Dosenlibelle einfach dadurch, dass man sie zum Einspielen bringt, bei vorhandener Röhrenlibelle dagegen durch Horizontieren derselben in zwei Lagen (parallel zu zweien und sodann über die dritte Stellschraube).

Wich die Stativscheibe ursprünglich allzuweit von der horizontalen Lage ab (was schon im Interesse möglichst rascher Aufstellung vermieden werden sollte), so ist nicht nur die Horizontierung eine langweiligere (weil die Stellschrauben ausgiebig benützt werden müssen), sondern es kann auch die Zentrierung über dem Winkelscheitel verloren gehen, weil der Senkel an der Verlängerung

der (ursprünglich nicht vertikalen) Vertikalachse hängt. Nach erfolgter Horizontalstellung ist daher die Zentrierung in jedem Fall noch zu prüfen und eventuell zu berichtigen. Wirkt die Zentralschraube, oder der Stengelhaken (wenn auch nur indirekt) auf die Stellschrauben des Fussgestells (s. Fig. 82, 89 u. 90), so darf sie erst dann scharf angezogen werden, wenn die Horizontierung annähernd bewirkt ist.

Die mit dem Theodolit auszuführenden Arbeiten können nun folgende sein:

1) Einweisen einer vom Standpunkt ausgehenden Geraden. Man zielt den Endpunkt an (bringt den Fadenkreuzungspunkt mit dem Bild des Linienendpunktes möglichst da, wo der Stab den Boden verlässt, zur Deckung) und weist nun von aussen herein (zuerst den entferntesten Stab) die nötigen Punkte so ein, dass ihre Bilder vom Vertikalfaden gedeckt werden.

Einweisen von Punkten auf einer Geraden.

Muss hierbei das Fernrohr gekippt werden, so ist jeder Punkt durch einmaliges Einweisen nur vorläufig bestimmt. Zur endgültigen Bestimmung wird das Fernrohr durchgeschlagen, in dieser Lage (nach erfolgter Horizontaldrehung um ca. 2 R) der Endpunkt wieder angezielt und das Einweisen wiederholt. Im Falle des Vorhandenseins von Instrumentenfehlern werden die beiden eingewiesenen Punkte um so stärker von einander abweichen, je grösser die nötige Kippbewegung ist.

Die Mitte zwischen den beiden derart eingewiesenen Punkten gibt je einen Punkt der abzusteckenden Geraden.

Werden nicht Stäbe, sondern Pflöcke in die Gerade gebracht, so wird man diese mit Benützung einer Fernrohrlage von aussen herein der Reihe nach in den Boden eintreiben (Bleistiftzeichen auf den Pflöcken) und hernach in der zweiten Fernrohrlage vom Instrument weg kontrollieren, bezw. die etwaigen Differenzen mitteln (Einschlagen von Drahtstiften).

2) Rückwärtsverlängerung einer Geraden über den Standpunkt hinaus. Man zielt den gegebenen Endpunkt an, schlägt das Fernrohr durch und weist den entferntesten der gesuchten Punkte ein. In der durchgeschlagenen Lage (nach erfolgter Horizontaldrehung um ca. 2 R) wird der Anfangspunkt wieder angezielt und alsdann das Fernrohr wieder durchgeschlagen. Erscheint der eben eingewiesene Punkt durch den Vertikalfaden gedeckt, so steht er richtig, andernfalls muss er in die Mitte zwischen ursprünglicher und jetzt einzuweisender Lage gebracht werden.

Rückwärtsverlängerung einer Geraden.

Bei Verlängerung vorwärts über den Zielpunkt hinaus ist im Falle ebenen Geländes während des Einweisens der Richtstab zu entfernen und vor der Wiederholung in der zweiten Fernrohrlage vorübergehend wieder aufzustecken.

3) Messung eines beliebigen Winkels  $ACB = \alpha$ . Von den verschiedenen Verfahren möge hier nur dasjenige der „wiederholten einfachen Winkelmessung“ und das der „Repetition“ (besser Multiplikation) angeführt sein.

Einfache  
Winkel-  
messung.

Beim ersteren genügt ein einfacher Theodolit, an dessen horizontalem Teilkreis man nach erfolgter Einstellung des Fernrohrs auf den Zielpunkt links etwa die Ablesung  $a$  machen möge. Nachdem sodann durch Drehung der Alhidade und Kippen des Fernrohrs dieses auf den Zielpunkt rechts eingestellt wurde, ergab sich auf dem Teilkreis die Ablesung  $b$ . Man hat nun die Grösse des zu messenden, vom Fernrohr bestrichenen Winkels

$$w_1 = b - a.$$

Wiederholt man dieses Verfahren in der zweiten, durchgeschlagenen Fernrohrlage, so ergibt sich ein zweiter Wert  $w_2$  für den Winkel.

Das Mittel aus beiden Werten

$$w = \frac{w_1 + w_2}{2}$$

ist nicht nur durch die wiederholte Messung verfeinert, sondern es ist auch von der Wirkung derjenigen Instrumentenfehler befreit, welche infolge des „Durchschlagens“ des Fernrohrs kompensiert werden (s. S. 118).

Repetitions-  
(Multi-  
plikations-)  
Messung.

Das zweite Verfahren erfordert einen Repetitionstheodoliten und beruht darauf, dass man den zu messenden Winkel auf dem Teilkreis mehrmals ( $2n$ -mal) aneinander legt und den für die Summe erhaltenen Wert alsdann durch  $2n$  dividiert. Dadurch wird der in der Ablesung liegende kleine Fehler  $2n$ -mal verkleinert und auch der Einfluss etwaiger Zielfehler wird proportional zur Wurzel aus der Zahl der Zielungswiederholungen reduziert. Auch hier benutzt man (zur Eliminierung etwaiger Instrumentenfehler) das Fernrohr  $n$ -mal in der einen und  $n$ -mal in der durchgeschlagenen Lage.

Das Verfahren ist demgemäss folgendes: Nach zentrischer Aufstellung und Horizontierung des Instruments über dem Winkelscheitel  $C$ :

a) Anzielen des Winkelschenkels  $A$  links, Festbremsen von Limbus und Alhidade und Ablesung der Stellung  $a_I$  und  $a_{II}$  der beiden Noniennullstriche (Zeiger) auf dem Teilkreis.

b) Drehen der Alhidade bei feststehendem Limbus. Anzielen und Einstellen des Winkelschenkels  $B$  rechts. Jeder Punkt der Alhidade, folglich auch die Noniennullpunkte, haben jetzt den zum gesuchten Winkel gehörigen Bogen zurückgelegt und man kann an ihnen auf dem Teilkreis die Ablesungen  $b_I$  und  $b_{II}$  erheben. Die Differenzen  $b_I - a_I$ , bzw.  $b_{II} - a_{II}$  ergeben, jede für sich, den ge-

suchten Winkelwert. Zur Verfeinerung des Resultats in Rücksicht auf etwaige kleine Ablese-, Ziel- und Instrumentenfehler dreht man jetzt

c) den Limbus samt festgebremster Alhidade zurück und kippt das Fernrohr, bis der linke Winkelschenkel A wieder hinter dem Vertikalfaden erscheint (wobei die vorher erreichte Stellung zwischen Limbus und Alhidade unverändert bleibt), bremst den Limbus in dieser Lage fest und führt das Fernrohr bei geöffneter Alhidade nach B. Dies wiederholt man n- (ein-, zwei- oder auch drei-)mal. Nun wird

d) das Fernrohr durchgeschlagen, bei geöffnetem Limbus und festgebremster Alhidade auf den linken Winkelschenkel A eingestellt und in der neuen Fernrohrlage das erste Verfahren gleich oft wiederholt.

e) Die Ablesung an beiden Nonien gibt die Werte  $b_I^{2n}$  und  $b_{II}^{2n}$  und man hat

$$\text{am Nonius I: } \alpha_1 = \frac{b_I^{2n} - a_I}{2n}, \text{ am Nonius II: } \alpha = \frac{b_{II}^{2n} - a_{II}}{2n}$$

Die beiden Werte  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  sollten einander gleich sein. Im Falle eines kleinen Unterschieds nimmt man

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{Mittel}} &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{(b_I^{2n} - a_I) + (b_{II}^{2n} - a_{II})}{2 \cdot 2n} \\ &= \frac{(b_I^{2n} + b_{II}^{2n}) - (a_I + a_{II})}{2 \cdot 2n} \end{aligned}$$

Die Rechnung gewinnt an Bequemlichkeit, wenn vor der ersten Zielung auf A die Ablesung 0 wenigstens näherungsweise eingestellt wurde. Die Zahl der Repetitionen wird je nach der verlangten Genauigkeit und der zur Verfügung stehenden Zeit bemessen (für gewöhnliche Arbeiten gleich zwei oder vier). Der Aufschrieb erfolgt am besten schematisch, s. Beispiel unten. Der für den einfachen Winkel nach der ersten Alhidadendrehung gewonnene Wert wird nur zur Ermittlung der ungefähren Winkelgrösse für den Fall benützt, dass die Summe der aneinander gelegten Winkel den Betrag von 4 R übersteigt.

Bezeichnung der Punkte	Zahl der Repetitionen	A b l e s u n g						Mittel		
		Non. I			Non. II			0	'	"
		0	'	"	'	"				
Zielpunkt links A . . . . .		0	00	00	01	00	0	00	30	
Standpunkt C . . . . .	1	53	04	00						
Zielpunkt rechts B . . . . .	4	212	17	30	18	00	212	17	45	
Winkel 53° 04' 19'' . . . . .	4	212	17	30	17	00	212	17	15	

Absteckung  
von Winkeln  
beliebiger  
Grösse mit  
gegebenem  
Scheitel.

4) Soll ein Winkel von beliebiger Grösse  $\alpha$  abgesteckt werden, so geschieht dies zuerst näherungsweise, indem man mit auf 0 eingestellter Alhidade durch Drehung des Limbus den Schenkel links anzielt und sodann bei festgebremstem Limbus die Alhidade bis zur Ablesung  $\alpha$  nach rechts dreht. Der jetzt durchs Fernrohr im Abstand  $r$  einzuweisende Punkt liegt auf dem genäherten rechtsseitigen Winkelschenkel. Zu dessen endgültiger Bestimmung wird nach dem Repetitionsverfahren die Grösse des soeben abgesteckten Winkels genau gemessen. Die etwaige Differenz  $\varphi$  zwischen dem Soll- und dem Istwert wird schliesslich durch Verschieben des eingewiesenen Stabs um den Betrag  $b = \frac{\varphi}{\rho} \cdot r$  weggebracht. Ist  $\varphi$  klein, so genügt dabei eine nur näherungsweise Kenntniss der Entfernung  $r$  des vorläufig eingewiesenen Punktes vom Instrumentenstand (Abschreiten oder Abgreifen aus einem Plan).

Verbietet die Geländeform (etwa über eine Terrainwelle hinweg ins Tal) die direkte Absteckung des gesuchten Schenkels auf die gewünschte Länge, so steckt man die Richtung entweder bis zur nächstfolgenden entferneren Welle, wenn diese hoch genug ist, nach vorwärts, oder aber ihre Rückwärtsverlängerung auf genügende Entfernung ab. Alsdann bestimmt man einen Punkt der verlangten Richtung auf der den Durchblick hindernden Höhe und stellt auf ihm das Instrument wiederholt auf, um von dort aus das Einweisen oder Verlängern unter Benützung des gewonnenen entfernten Punktes zu bewirken.

Absteckung  
eines  
gegebenen  
Winkels mit  
gesuchtem  
Scheitel.

Soll eine Gerade AB abgesteckt werden, die von keinem ihrer Endpunkte, wohl aber von einem in der Nähe der Geraden und zwar von A um die Strecke  $d_1$ , von B um die Strecke  $d_2$  entfernten Zwischenpunkt P überschaut werden kann, so misst man in P den Winkel APB. Zeigt sich dieser zufällig  $= 2R$ , so ist P ein Punkt der Geraden, weicht er um den Betrag  $\varphi$  von  $2R$  ab, so ist P in den Raum des stumpfen Winkels herein senkrecht zur Teilstrecke  $d_2$  zu verschieben um den Betrag

$$b = \frac{d_1 \cdot d_2 \cdot \text{tg } \varphi}{d_1 + d_2}.$$

Für kleine Winkelabweichung  $\varphi$  wird  $\text{tg } \varphi = \frac{\varphi}{\rho}$ , also

$$b = \frac{\varphi d_1 d_2}{\rho (d_1 + d_2)}.$$

Ist der abzusteckende Winkel von beliebiger Grösse, so findet das gezeigte Verfahren analoge Anwendung (vergl. S. 187).

### Untersuchung des Theodoliten.

Auf die Untersuchung und Richtigstellung des Theodoliten soll hier nicht eingegangen werden, zumal die Wirkung aller etwaigen Achsen- und Exzentrizitätsfehler — bis

auf einen einzigen — durch die vorgeführten Beobachtungsmethoden eliminiert wird.

Nur der eine Fehler, welcher von etwaiger Schiefstellung der Vertikalachse (Alhidadenachse) während der Messung herührt, wird durch kein Messungsverfahren aufgehoben. In Rücksicht auf ihn ist daher jeder Theodolit vor der Benützung zu untersuchen und nötigenfalls zu berichtigen. Die an das Instrument notwendigerweise allein zu stellende Forderung ist demnach folgende:

Hauptanforderung.

Bei einspielender Dosenlibelle, bezw. bei in zwei senkrecht zueinander stehenden Lagen einspielender Träger- oder Reiterlibelle muss die Limbus- bezw. Alhidadenachse vertikal stehen: die Libelle muss bei Drehung um die Vertikalachse im ganzen Kreis herum einspielen.

Gerade diese Anforderung werden wir beim Nivellierinstrument als nebensächlich erkennen.

Zur Untersuchung bringt man die Wasserwage (beim Vorhandensein mehrerer Libellen die empfindlichste, bei Röhrenlibellen in zwei senkrecht zu einander stehenden Lagen) zum Einspielen. Erfüllt das Instrument die oben bezeichnete Anforderung, so wird die Luftblase nun bei jeder beliebigen Drehung um die Vertikalachse einspielend bleiben. Andernfalls erfolgt die Verbesserung des halben, bei Drehung um  $2 R$  etwa sich zeigenden Maximalausschlags an den Korrektionsschrauben der Libelle.

Richtigstellung.

Zu grösserer Sicherheit ist die Untersuchung nach erfolgter Berichtigung zu wiederholen, nachdem die allgemeine Horizontalstellung des Instruments mit der vorläufig berichtigten Libelle wieder hergestellt ist.

Ausser den Theodoliten werden zur Messung von Horizontalwinkeln, namentlich für topographische Arbeiten, noch verwendet:

Weitere Winkelinstrumente.

#### Der Messtisch und Die Bussole.

Ersterer liefert die Winkelgrösse nicht in Zahlen, sondern graphisch, die letztere ergibt vermöge der Aufhängung einer Magnetnadel in der Ebene des Teilkreises die Winkel zwischen beliebigen Schenkeln und der Richtung des magnetischen Nordens, d. h. magnetische Azimute, und erst als Differenz zweier Azimute den Winkel der betr. Schenkel selbst.

Beide Instrumentenformen mögen hier, als für die gewöhnlichen Vermessungsarbeiten selten verwendet, übergangen werden.

## Zweiter Abschnitt.

# Höhenmessungen.

*Einleitung.* Für die meisten Aufgaben namentlich der Bau-technik genügt die Kenntnis der horizontalen Erstreckung eines Gebiets und seiner Einzelobjekte, deren Wiedergabe wir in Abschnitt I kennen lernten, nicht. Die Ermittlung der Höhenlage bestimmter Punkte, der Steigungsverhältnisse von Strecken ist für sie von mindestens derselben Bedeutung.

Die Ermittlung und Absteckung dieser Größen wollen wir im Abschnitt II kennen lernen. Dabei werden wir jetzt unter einem Punkt, bezw. einer geraden Linie zumeist solche im mathematischen Sinn und nicht mehr, wie in Abschnitt I, deren Horizontalprojektionen verstehen.

Höhe eines Punktes heisst dessen Vertikalabstand von der unter der Erde fortgesetzt gedachten Meeresoberfläche. Die durch irgend einen Punkt P der Erde gelegte, ihr konzentrische Fläche K heisst sein „wirklicher Horizont“, die Berührungsebene E an diesen wirklichen Horizont im betreffenden Punkt sein „scheinbarer Horizont“ (s. Fig. 91).

Wirklicher  
Horizont,  
Scheinbarer  
Horizont.

Bei unbedeutenden Arbeiten genügt es auch zuweilen, von einer Beziehung der Höhenlage auf die Meeresfläche abzusehen und alle in Betracht kommenden Punkte auf einen beliebig gewählten Horizont zu beziehen.

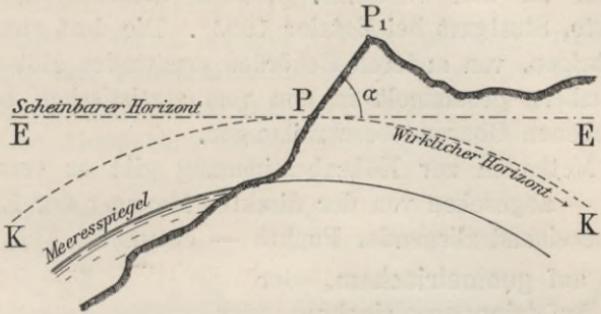
Unter der „Neigung einer Geraden  $PP_1$ “ verstehen wir den (Vertikal- oder Höhen-) Winkel  $\alpha$  zwischen ihr und ihrer Horizontalprojektion (in bezug auf den durch den Anfangspunkt gelegten scheinbaren Horizont). Sie wird entweder in Gradmass, oder nach der auf 100 m Horizontalentfernung entfallenden Höhendifferenz in Prozenten ( $= 100 \cdot \text{tg } \alpha$ ), oder durch die auf 1 m Steigung nötige Horizontalentfernung ( $\text{ctg } \alpha$ ) ausgedrückt (z. B. ein Neigungswinkel von  $26^\circ 34'$  entspricht einer Steigung von  $5\%$  oder  $1 : 20$ ).

Höhen-  
winkel.

Da die Meereshöhe stetig wechselt (Ebbe und Flut, Wirkung der Winde etc.), so muss als „Meeresfläche“ statt des zu einem beliebigen Zeitpunkt wirklich vorhandenen Meerwasserstandes gesetzt werden ein aus jahrhundertelanger regelmässiger Beobachtung an Pegeln gewonnenes Mittel, der „Mittelwasserstand“.

Ausgangs-  
horizont für  
Höhenbe-  
stimmungen.

Fig. 91.



Aber auch die an verschiedenen Hafenorten derart beobachteten Mittelwasserstände liegen nicht genau auf einer und derselben Kugelfläche, weil vorherrschende Windrichtung, verschiedenes spezifisches Gewicht des Wassers infolge wechselnden Salzgehalts, mit der geographischen Breite sich ändernde Wirkung der Fliehkraft der sich drehenden Erde örtliche Verschiedenheiten in der Höhe zur Folge hat.

Es bleibt daher nichts übrig, als sich für die Wahl des Mittelwasserstands an irgend einem Erdort zu entscheiden und die durch ihn gedachte, in allen ihren Punkten die Richtung der Schwerkraft senkrecht schneidende Fläche als Horizont für die Höhenangaben festzusetzen. Leider haben die verschiedenen Staaten und kleineren Gemeinwesen sich nicht von Anfang an auf einen gemeinsamen Horizont geeinigt. Die daraus entsprungene Folge verschiedener Höhenangabe für identische Punkte ist heute sogar innerhalb Deutschlands noch nicht ganz ausgeremert. Im Jahr 1878 endlich wurde für Deutschland ein einheitlicher Horizont — Normalnull (N.N.) — geschaffen, der 37,000 m unter einem an der Kgl. Sternwarte in Berlin angebrachten Normalhöhenpunkt liegt und der ungefähr mit dem Mittelwasser der Nordsee bei Amsterdam übereinstimmt. Von diesem Punkt ausgehend und zunächst den Eisenbahnlilien und Hauptstrassen folgend, wurde von staatlichen Behörden durch ganz Deutschland die Höhe von Marken ermittelt, die an gut fundierten, sicheren Bauwerken angebracht wurden und welche die Grundlage bilden für alle weiteren speziellen Höhenbestimmungen innerhalb des Reiches.

Amtliche  
Höhenver-  
zeichnisse.

Die Resultate jener amtlichen Höhenmessungen sind durch Druck veröffentlicht, für Preussen, Elsass-Lothringen und einige anstossende Gebiete u. a. in den „Nivellements der trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme“, für Württemberg in der „Publication der Kgl. württemb. Kommission für europäische Gradmessung, Präzisionsnivellement, Stuttgart bei Metzler 1885“ und in dem „Verzeichnis der an den württemb. Staatseisenbahnen angebrachten Höhenpunkte, Stuttgart bei Metzler 1895“. Die dort angegebenen, wie alle übrigen, von anderen Behörden ermittelten Höhen werden in Württemberg gesammelt in den vom statistischen Landesamt herausgegebenen Oberamtsbeschreibungen.

Methoden  
der Höhen-  
bestimmung.

Der Methoden zur Höhenbestimmung gibt es verschiedene: sie erfolgt — abgesehen von der direkten Messung der Entfernung vertikal übereinanderliegender Punkte — entweder

- 1) auf **geometrischem**, oder
- 2) auf **trigonometrischem**, oder
- 3) auf **barometrischem** Wege.

---

## Kapitel V.

### Die geometrische Höhenbestimmung.

Begriffsbe-  
zeichnung.

*Einleitung.* Die geometrische Höhenbestimmung, das „Nivellieren oder „Einwägen“, verwendet durchweg horizontale Ziel- (oder materielle) Linien, von denen ausgehend die Vertikalabstände der Punkte gemessen werden, deren Höhen in Beziehung gesetzt werden wollen. Die Berechnung der Meereshöhen erfolgt hierbei ausschliesslich mittels Addition oder Subtraktion jener gemessenen Vertikalabstände.]

#### § 15. Die Nivellierinstrumente

dienen zur Herstellung horizontaler Geraden. Die einfachsten dieser Instrumente sind

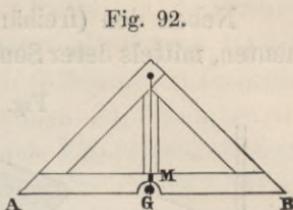
- 1) die **Bleiwage** (s. Fig. 92) und
- 2) die **Setzlatte** (s. Fig. 93).

Beschrei-  
bung und  
Anwendung  
der Instru-  
mente zur  
Herstellung  
materieller  
Horizon-  
talen.

Bei beiden wird die Lagerkante AB einer Latte mit Hilfe eines Senkels oder einer Wasserwage horizontal gelegt. Der Faden des Senkels (Gewichts) G ist an einem Nagel aufgehängt, dessen Verbindungslinie mit einer an der Latte angezeichneten Marke M auf der benützten Lattenkante AB senkrecht steht. Deckt der

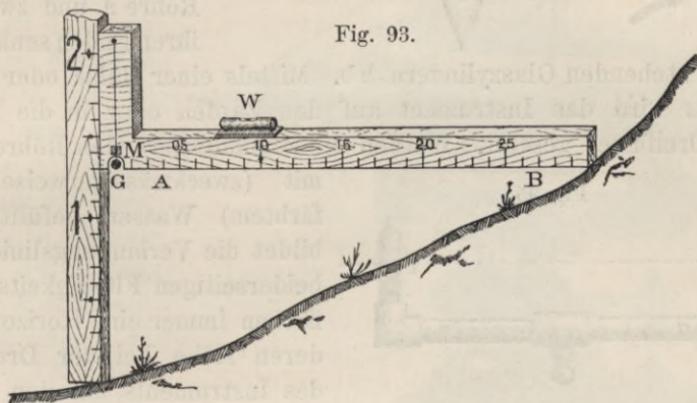
Faden des freischwebenden Senkels diese Marke, so ist die Auflagerlinie horizontal.

Die Untersuchung der Marke M auf ihre richtige Lage geschieht wie diejenige des Nullpunkts beim Gradbogen, vergl. S. 15. (Aufsetzen auf einer ebenen Unterlage, oder zwei festen Punkten so, dass der Faden die Marke deckt, sodann Verwechseln der Auflagerpunkte, „Umsetzen“. Der Faden muss die Marke wieder decken. Etwaige Abweichung entspricht dem doppelten Fehler. Die Marke ist daher um die halbe Abweichung zu verschieben.)



Unter-  
suchung.

Fig. 93.



Wird der Senkel durch eine an der Latte festgeschraubte Wasserwage W ersetzt, was schon in Rücksicht auf die Verwendung bei windigem Wetter zweckmässig ist, so muss deren Achse parallel sein zur Lagerfläche der Setzlatte.

Die Untersuchung in Rücksicht auf diese Forderung erfolgt auf gleiche Weise wie oben und S. 12/13, nämlich durch Umsetzen der Latte samt Libelle, die etwaige Berichtigung mittels der Korrektionsschrauben der letzteren (vergl. S. 13).

Die Bleiwage wird meist zur Herstellung horizontaler Flächen (Lagerflächen beim Mauerwerk), die Setzlatte zur Bestimmung des Höhenunterschieds von Punkten und zur Aufnahme von Profilen verwendet. Aus diesem Grund erhält letztere eine bestimmte Länge (meist 3 m), eine Untereinteilung, sowie ein Richtscheit senkrecht zur Lagerkante zum Zweck der richtigen Anlage des vertikal zu haltenden Massstabs.

Für die meisten Arbeiten förderlicher als die beiden vorgeführten Instrumente sind solche, die an Stelle der materiellen Geraden horizontale Ziellinien verwenden.

Einfache  
Instrumente  
zur Her-  
stellung  
horizontaler  
Ziellinien.

Neben den (freihändig benützten) Spiegel- und Prismeninstrumenten, mittels derer Senkrechte zum Faden des freischwebenden Senkels errichtet werden können (Fig. 94), ist

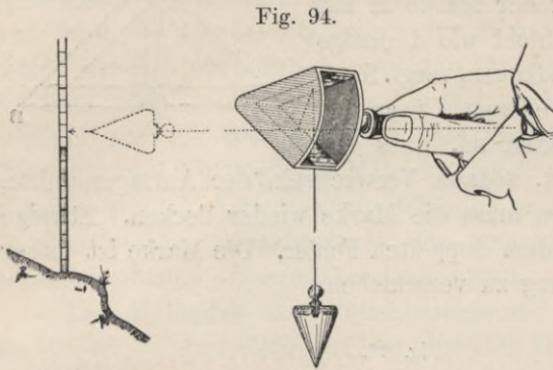


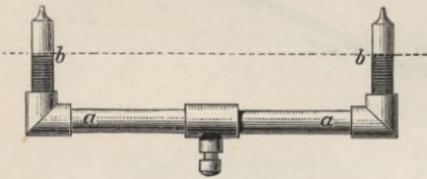
Fig. 94.

können (Fig. 94), ist

3) die **Kanalwage** ein für rohere Arbeiten recht wohl verwendbares Instrument (s. Fig. 95). Sie besteht aus einer ca. 50 cm bis 1 m langen Röhre a und zwei an ihren Enden senkrecht

zu ihr stehenden Glaszylindern b b. Mittels einer Hülse oder eines Zapfens wird das Instrument auf den Zapfen oder in die Hülse eines Dreifusses gesetzt. Werden die kommunizierenden Röhren b b

Fig. 95.

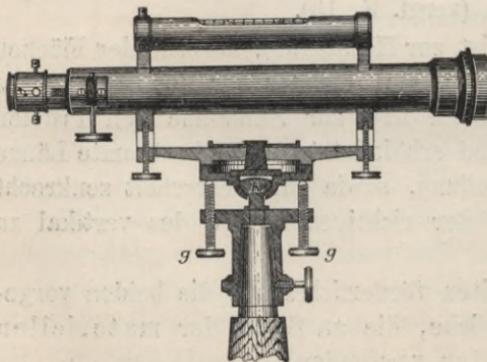


mit (zweckmässigerweise gefärbtem) Wasser gefüllt, so bildet die Verbindungslinie der beiderseitigen Flüssigkeitsoberflächen immer eine Horizontale, deren Höhe bei der Drehung des Instruments um den Drei-

fusszapfen sich nicht verändert und längs welcher mit blossem Auge nach einem auf den einzuwägenden Punkten vertikal gestellten Massstab gezielt wird.

Eine verkleinerte Abart dieser Kanalwage, gebildet aus einer wulstförmigen, in sich geschlossenen, teilweise mit Flüssigkeit gefüllten Glasröhre kann auch zum freihändigen Einwägen benützt werden.

Fig. 96.



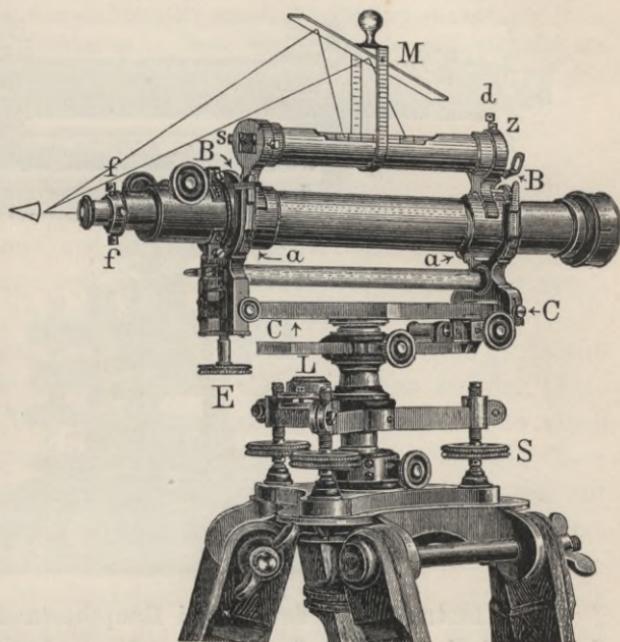
Zu allen feineren Einwägearbeiten werden aber

4) **Instrumente mit Fernröhren** (Nivellier-Instrumente im engeren Sinn) verwendet, bei denen die horizontale Lage der Zielung durch Einspielen einer Röhrenlibelle (Nivellierlibelle) hergestellt wird, die meist auf der Fernröhre ruht.

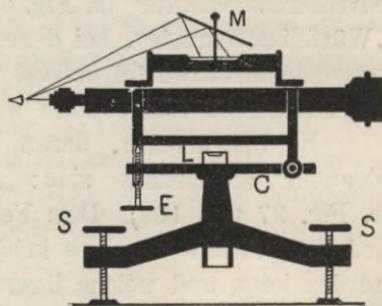
Zur Befestigung von Fernrohr samt Libelle auf dem Stativ und zur Horizontierung des ersteren kommt als dritter Hauptbestandteil noch hinzu das Fussgestell (Alhidade). Dasselbe verwendet entweder in Verbindung mit einem Zapfenstativ vier Stellschrauben g, deren Köpfe auf eine durch Kugelgelenk K festgehaltene Platte drücken (s. Fig. 96) (zwei von ihnen können durch gegenwirkende Federn ersetzt sein), oder — in Verbindung mit einem Scheibenstativ — drei Stellschrauben S, die wie beim Theodolit durch Schraubenmutter des Fussgestells hindurchtreten (s. Fig. 97), oder zwei Stellschrauben S in Verbindung mit Scharnieren C (Cardanische Aufhängung des Instruments s. Fig. 98).

Beschreibung der Nivellier-Instrumente.

Fig. 97.



Als Nebenbestandteile enthalten einzelne Instrumente noch eine Dosenlibelle L zur Erleichterung und Beschleunigung des Horizontalstellens, eine fein geschnittene Schraube E (Elevationsschraube) zur erleichterten Wegschaffung kleiner Ausschläge bei sehr empfindlichen Nivellierlibellen und einen Spiegel M zum Zweck nahezu gleichzeitiger Beobachtung des Luftblasenstands und der Ableselatte (s. Fig. 97).



Für gewöhnliche Arbeiten ist namentlich der erstgenannte Nebenbestandteil sehr zweckmässig und fördernd.

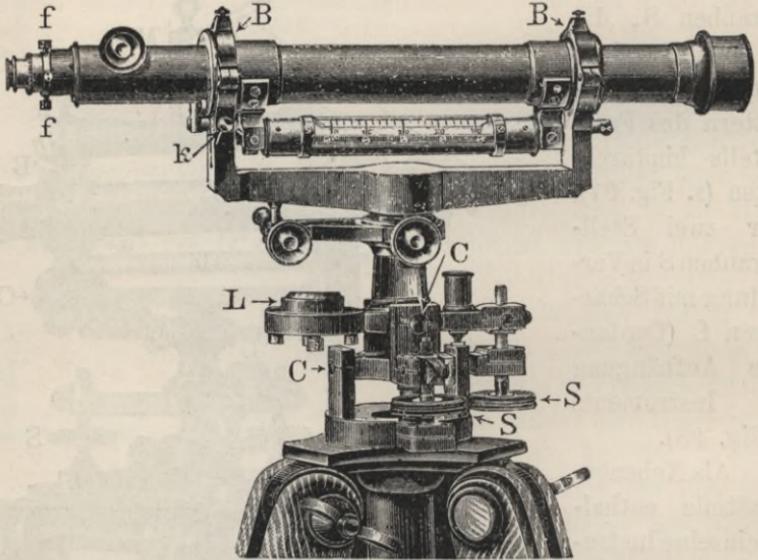
Wichtiger als die soeben kennen gelernte, die Art und Weise der Horizontalstellung beeinflussende Einteilung der Instrumente

Einteilung  
der Instru-  
mente in  
Rücksicht  
auf ihre  
Richtig-  
stellung.

(s. S. 130/131), ist die Einteilung in Rücksicht auf die Verbesserung etwaiger Instrumentenfehler (Rektifikation, Richtigestellung, Justierung). Denn jeder Einwägearbeit muss die Untersuchung des Instruments auf seine Richtigkeit und nötigenfalls eine Richtigestellung vorangehen.

In dieser Hinsicht unterscheiden wir folgende drei Gruppen von Instrumenten, innerhalb derer sich jede beliebige Konstruktion unterbringen lässt:

Fig. 98.



A) Instrumente, deren drei Hauptbestandteile (Fernrohr, Libelle und Fussgestell) fest miteinander verbunden sind: „einfache Nivellierinstrumente“ (s. Fig. 96). Einen speziellen Fall bilden die „Würfelinstrumente“, bei denen das Fernrohr durch zwei die Libelle tragende Metallwürfel gefasst wird, die ihrerseits durch Schrauben am Fussgestell festgehalten werden.

B) Instrumente, deren drei Hauptbestandteile lose gegeneinander angeordnet sind: „vollkommene Nivellierinstrumente“ (s. Fig. 97 und 109). Dem Fernrohr sind hier Metallringe *aa* angedreht, mittels derer es in das Lager des Fussgestells eingelegt werden kann und welche ihrerseits das Lager für die Stützen der Röhrenlibelle abgeben.

Vermöge dieser Ringe kann das Fernrohr im Lager um seine Längsachse gedreht und es kann herausgenommen und mit verwechselten Ringen wieder eingelegt „umgelegt“ werden. Ebenso kann die Libelle (durch Verwechslung der beiden Lagerpunkte für die Stützen) „umgesetzt“ werden. Zum Schutz gegen das Herabfallen ist die letztere zu beiden Seiten mit Stiften versehen,

welche durch Aussparungen der das Fernrohr auf dem Fussgestell festhaltenden Bügel B hindurchtreten. Um schädliche Spannungen zu vermeiden, müssen diese Aussparungen so gross sein, dass sie das freie Aufsitzen der Libelle auf den Fernrohrhingen nicht hindern.

C) Instrumente, bei denen Fernrohr und Wasserwage fest miteinander verbunden sind, wogegen beide zusammen vom Fussgestell getrennt, um die Längsachse des Fernrohrs im Lager gedreht und umgelegt werden können (s. Fig. 98 und 108).

Zum Schutz gegen das Herausfallen des Fernrohrs samt Libelle aus den Lagern wird es (wie bei Konstruktion B) mittels Bügeln festgehalten.

(Die weiteren Möglichkeiten — feste Verbindung der Röhrenlibelle mit dem Fussgestell und lose Anordnung der Fernröhre in den Lagern und umgekehrt — werden selten angewandt und bleiben hier ausser Betracht.)

### § 16. Hilfswerkzeuge zum Einwägen (Nivellieren).

1) Die **Nivellierlatten** dienen zur Ermittlung des Vertikalabstandes der einzuwägenden Punkte von der horizontalen Ziellinie. Aus trockenem Tannenholz gefertigt haben sie eine Länge von 3 bis 5 m, ca. 8 bis 12 cm Breite und 2 bis 3 cm Stärke. Zweck und Material.

Zur Versteifung gegen Biegung durch den Winddruck und gegen Bruch, sowie zum Zweck der Schonung der auf der Latte angebrachten Einteilung gegen Abscheuern erhält die Latte einen [—]förmigen Querschnitt. Die beiden Enden werden mit Eisen beschlagen, und das untere Ende überdies zweckmässigerweise mit einem in Kugelkappenform auslaufenden Stollen (Zapfen) versehen. Gegen den zerstörenden und längeverändernden Einfluss der Feuchtigkeit sucht man die Nivellierlatten durch doppelten Ölfarbenanstrich zu schützen, auf den sodann die Einteilung in m, dm und cm samt der Bezifferung kommt. Form.

Auf die Einteilung ist grösste Sorgfalt zu verwenden, da von ihrer Güte und Deutlichkeit die Brauchbarkeit der Nivellementsarbeiten wesentlich abhängt. Etwaige Fehler in der Zwischenenteilung übertragen sich (im Gegensatz zu etwaigen Teilungsfehlern der Messstangen, da letztere nur als Endmasse gebraucht werden) auf die ganze, mit der fehlerhaften Latte ausgeführte Einwägung (daher Prüfung sowohl ihres absoluten Masses als ihrer Einteilung etwa mittels Stangenzirkels!). Teilung.

Wo der Teilungsnulldpunkt sich befindet — am unteren Ende des Stollens oder sonstwo —, ist für die Güte und die normale Ausführung der Arbeit völlig gleichgültig. Nur bei Verwendung der Latte zur direkten Messung beliebiger Strecken, z. B. des Vertikalabstandes des Lattenaufstellungspunktes von der Höhenmarke, wenn auf ihr nicht direkt aufgestellt werden kann, oder bei gelegentlicher

Ersetzung der Ableselatte durch einen Taschenmassstab, oder bei Verwendung der Latte in umgekehrter Lage (z. B. Ermittlung der Meereshöhe einer Gewölbeleitung mittels horizontaler Zielung nach der oben angestossenen, abwärts gerichteten Latte), oder bei gelegentlich direkter Verwendung der Zielhöhe des Nivellierinstrumentes (Abmessen vom Fernrohr aus direkt mit Massstab) ist die Differenz zwischen Teilungsnullpunkt und Lattenanfang zu berücksichtigen.

Bringt man zum Schutz gegen Ablesefehler Teilungen auf beiden Seiten der Latte an (Wendelatte), so ist es zweckmässig, dieselben um eine unrunde Zahl von dm, cm und mm gegeneinander zu verschieben, überdies die Bezifferung so zu wählen, dass keine identische Ablesung auf beiden Seiten der Latte möglich ist (z. B. eine Seite von 0 bis 4,3, die andere von 4,5 bis 8,8 m).

Fig. 99.



Bezifferung.

Besonders zweckmässig erscheint die schachbrettartige Teilung (s. Fig. 99). Der von ihr beim ersten Anblick erzeugte etwas unruhige Eindruck verliert sich schon nach kurzer Übung. Sie ermöglicht es, die Ablesestelle (Kreuzungspunkt der Fäden im Fernrohr) stets auf ein weisses Feld zu bringen, innerhalb dessen die Einschätzung der mm besonders bequem ist; die Strichdicke (die bei Strichteilungen störend wirkt) fällt vollständig weg und die Geschlossenheit der einzelnen dm- und m-Intervalle tritt sehr klar hervor, wodurch grobe Ablesefehler leicht vermieden werden.

Durch konstante Zifferngrösse (z. B. je von 2,5 bis 7,5 cm) wird die Ablesung auf grosse Entfernungen wesentlich erleichtert.

Die Ziffern werden zweckmässig — gleichgültig — ob astronomische oder terrestrische Fernrohre verwendet werden — aufrecht geschrieben, so dass die Schreib- und die steigende Ziffernrichtung übereinstimmen. Das sichere Ablesen an verkehrt erscheinenden Ziffern (astronomische Fernrohre) gelingt nach kurzer Übung.

Zur Erleichterung des Transports werden vielfach zusammenklappbare Latten, oder auch geteilte und lackierte Papier- bzw. Leinwandstreifen verwendet, welche letztere (während des Transports gerollt) beim Gebrauch an beliebigen, überall zu findenden Latten befestigt werden. Diese Einrichtungen sind zur Ausführung weniger wichtiger Einwägungen mit Vorteil zu verwenden, für feinere Arbeiten aber ebensowenig genügend, als die in bergigem Gelände sonst ganz zweckmässigen Verlängerungsstücke.

Zweck.

2) **Lattenrichter.** Ein wichtiges Erfordernis für jede Einwägung ist die genaue Vertikalstellung der Nivellierlatte. Der schädliche Einfluss etwaiger schiefer Haltung wächst mit der Grösse der Ablesung und mit dem  $\cos$  der Lattenschiefe. Abweichungen von der Vertikalen in der Ebene senkrecht zur Ziellinie werden zwar vom beobachtenden Techniker durch Vergleichung mit dem Vertikalfaden des Fadenkreuzes im Fernrohr leicht entdeckt, dagegen entziehen sich seiner Kenntnis die viel häufiger vorkommenden

und in grösseren Beträgen auftretenden Abweichungen in der Vertikalebene der Ziellinie. Das vielfach angewandte Mittel, das obere Lattenende in der Vertikalebene der Ziellinie hin- und herbewegen zu lassen und die kleinstmögliche Ablesung zu benutzen, führt nur dann zum Ziel, wenn die Schwankungen sich über beide Seiten der Vertikalen erstrecken (was durchaus nicht immer zutrifft), und verzögert die Arbeit.

Bequemer ist die Befestigung eines Senkels an einer der Latte angeschraubten Öse, dessen genügend langer Faden parallel zur Lattenkante sein muss, wenn während der Arbeit der Senkel frei schwebt.

An-  
gehänger  
Senkel.

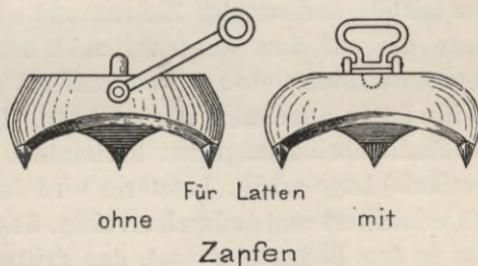
Noch zweckmässiger namentlich in Rücksicht auf das Arbeiten bei stark bewegter Luft ist die Verwendung einer Dosenlibelle, die an der Latte angeschraubt wird (s. Fig. 10c), oder die in Verbindung steht mit einem an die Latte festzupressenden Winkeleisen (s. Fig. 10b). Vor Verwendung dieser Wasserwage ist aber zu prüfen, ob die Lattenrichtung senkrecht zur Libellenachse steht. Dies geschieht durch Einsenkeln der aufgestellten Latte in zwei Richtungen mittels Lots (s. S. 26), wobei das obere Ende gegen einen festen Gegenstand gepresst wird. Zeigt bei vertikal gerichteter Latte die Wasserwage einen Ausschlag, so wird dieser in seinem vollen Betrag durch Benützung der Korrektionschrauben weggebracht.

Benützung  
einer  
Wasser-  
wage.

Es gibt auch Vorrichtungen, die selbsttätig dem Beobachter am Instrument anzeigen, wenn der Messgehilfe etwa aus Bequemlichkeit die richtige Lattenhaltung unterlässt. Auf dieselben soll aber hier nicht weiter eingegangen werden.

3) **Unterlagsplatten**  
aus Eisen werden bei feineren Einwägungen verwendet, um feste Wechselpunkte (s. S. 131/132) in der jeweils gewünschten Lage zu schaffen. Sie sind dreieckig, viereckig oder rund, unten mit Spitzen und auf der Oberfläche mit

Fig. 100.



einer Vertiefung oder einem Stollen versehen (s. Fig. 100), im ersteren Fall zur Aufnahme des Lattenstollens, im zweiten zum Aufsetzen des unteren, ebenen Lattenendes. Ihr Gewicht soll nicht zu gering sein (ca.  $1\frac{1}{2}$  bis 3 kg).

## § 17. Die Ausführung der Einwägungen (Nivellements)

beruht darauf, dass aus der bekannten (oder für kleinere Arbeiten beliebig angenommenen) Höhe H eines Festpunktes und der bei

Allgemeine  
Erklärung.

horizontaler Zielung an einer auf ihm vertikal aufgestellten Nivellierlatte gemachten Ablesung  $a_r$  geschlossen wird auf die Zielhöhe  $H_r$  (Instrumentenhöhe). Aus ihr und der (ebenfalls bei horizontaler Zielung gemachten) Ablesung  $a_v$  an einer auf beliebigem anderem Punkt vertikal gestellten Latte kann sodann die Höhe  $H_1$  dieses Punktes abgeleitet werden. Die derart gewonnene Höhenzahl kann jetzt an die Stelle derjenigen des ursprünglichen Festpunktes treten, aus ihr kann man also die Zielhöhe des zweiten Instrumentenstandes ableiten u. s. f.

Statt von der Höhe des Ausgangspunktes zunächst auf die Zielhöhe und von ihr auf die Höhe der weiteren Punkte zu schliessen, kann man auch die (teils positiven, teils negativen) Unterschiede der Ablesungen bilden. Hält man daran fest, jede nachfolgende von der vorhergehenden Ablesung abzuziehen, so bedeutet positiver Unterschied ein Steigen und negativer Unterschied ein Fallen der Verbindungsstrecke und man erhält durch algebraische Addition der Unterschiede je zur Höhe des vorher bestimmten Punktes die Meereshöhe der aufgenommenen Punkte.

### Feldarbeit.

Instru-  
menten-  
aufstellung.

Sind die Punkte, deren Höhen, oder Höhenunterschiede bestimmt werden sollen, an Ort und Stelle gegeben, so stellt man das Stativ samt dem (mittels Zentralschraube darauf befestigten) Instrument (Behandlung des Instruments wie beim Theodoliten siehe S. 114) auf einem beliebig, doch so gelegenen Punkt auf, dass von ihm aus mittels horizontaler Zielung und nicht mehr als ca. 60 m Ziellänge die auf dem Ausgangspunkt und auf einem zweiten in der Vorwärtsrichtung ebenso weit entfernt gelegenen Punkt vertikal gestellte Latte abgelesen werden kann. Dabei sorgt man dafür, dass die Stativscheibe möglichst horizontale (der Stativzapfen möglichst vertikale) Lage erhält. Letzteres wird durch eine Dosenlibelle wesentlich erleichtert und dadurch erreicht, dass man zwei Stativbeine sofort fest in den Boden einpresst, das dritte aber seitlich und axial bei geöffneten Flügelschrauben entsprechend verschwenkt und dann gleichfalls in den Boden eindrückt. Nachdem die Flügelschrauben angezogen, erfolgt jetzt die allgemeine Horizontalstellung, indem man mit Benützung der Stellschrauben die Dosenlibelle zum Einspielen bringt. Fehlt eine Dosenlibelle, so benützt man zur allgemeinen Horizontalstellung die auf dem Fernrohr ruhende Röhrenlibelle (Nivellierlibelle). Diese wird ebenfalls mittels der Stellschrauben in zwei zueinander senkrechten Lagen (bei vierschraubigen Instrumenten je über zwei diagonal stehende, bei dreischraubigen zunächst

parallel zu zwei und dann über die dritte Stellschraube) zum Einspielen gebracht. Es geschieht dies in mehrmaligen Versuchen, wobei man die Libelle wiederholt um die Vertikalachse auf demselben Weg vor- und zurückdreht. Die Luftblase sollte nun bei Drehung um die Vertikalachse im Kreis herum stets einspielen. Eine Abweichung von dieser Forderung hat jedoch keinen schädlichen Einfluss auf die Güte des Nivellements, ja sie ist bei sehr empfindlichen Wasserwagen auch bei schärfster Rektifikation nicht einmal vermeidbar. Nötig ist nur, vor jeder Lattenablesung etwaige kleine Libellenausschläge durch geringe Drehung der jeweils am stärksten wirkenden Stell- oder der Elevationsschraube wegzuschaffen.

Spezielle  
Horizontal-  
stellung und  
Latten-  
ablesung.

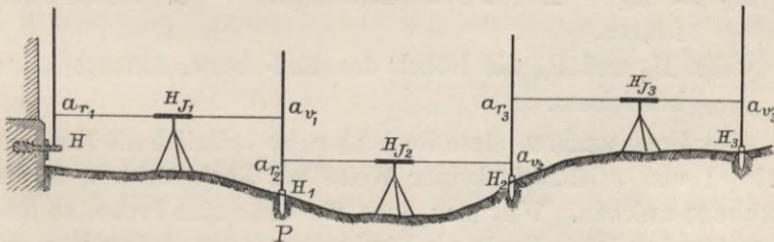
Jede Ablesung erfordert demnach folgende Operationen:

- 1) Anzielen.
- 2) Hell stellen (Verschrauben des Fernrohrkulars, bis die Latte deutlich sichtbar ist und das Fadenkreuz auch bei Bewegung des Auges vor dem Okular denselben Punkt deckt).
- 3) Horizontal stellen (Wasserwage einspielen lassen).
- 4) Ablesen.

Für das Ablesen auf der Latte ist zu merken: Als Dezimetergrenze gilt der dicke Punkt inmitten des durchlaufenden Horizontalstrichs (s. Fig. 99). Auf ihn bezieht sich die grössere der zwei ihm benachbarten Ziffern. Jede Ablesung beginnt daher mit der im betreffenden Dezimeterfeld stehenden Zahl.

Sind die nötigen Ablesungen vom ersten Instrumentenstand aus gemacht (normale Ziellänge 50—60 m), so bleibt die Latte auf

Fig. 101.



dem letzten Zielpunkt (Wechselpunkt) stehen und das Instrument wird in der Nivellementsrichtung um 50—60 m über diesen Punkt hinaus versetzt. Der Wechselpunkt spielt jetzt dieselbe Rolle, wie zuvor der ursprüngliche Ausgangspunkt und das ganze Verfahren wiederholt sich bis zum Abschluss der Feldarbeit.

Der Aufschrieb auf dem Felde erfolgt bei ausgedehnteren Feldbuch.

Einwägungen der Zeitersparnis wegen nicht in Form einer Skizze, sondern schematisch. Am gebräuchlichsten ist das erst angedeutete Rechenverfahren mit Benützung der Zielhöhe. Für dieses eignet sich besonders das (in Württemberg allgemein verwendete) Formular S. 139. Jede Ablesung hat ihre eigene Zeile. Der Vordruck: Lattenablesung „rückwärts“, „dazwischen“, „vorwärts“ bedarf allerdings besonderer Erklärung. Die in den betreffenden Spalten unterzubringenden Ablesungen haben nämlich mit der Zielrichtung und Punktlage gar nichts zu schaffen, vielmehr gilt als „Rückwärtsablesung“ jede Ablesung, welche dazu dient, aus der bekannten Höhe eines Punktes die Höhe der Ziellinie abzuleiten. Jede Rückwärtsablesung ergibt, zur Höhe des eben angezielten Punktes addiert, die Höhe der Ziellinie.

Als „Zwischenablesung“ gilt jede, welche dazu dient, aus bekannter Zielhöhe die Höhe eines Punktes abzuleiten. Jede Zwischenablesung, von der zugehörigen Zielhöhe subtrahiert, ergibt die betreffende Punkthöhe.

Soll hernach aus dieser eben gewonnenen Punkthöhe die Zielhöhe des nächsten Instrumentenstandes durch eine Rückwärtsablesung bestimmt werden, so wird der Punkt zum „Wechselpunkt“, die Zwischenablesung zur „Vorwärtsablesung“. Alle Zwischen- und Vorwärtsablesungen werden daher je von der zugehörigen Zielhöhe subtrahiert.

Rechen-  
arbeit.

Die ganze Rechenarbeit beschränkt sich demnach, unabhängig, ob mittels Instrumentenhöhe oder mittels „Steigen“ und „Fallen“ ausgeführt, auf Addition und Subtraktion.

Rechen-  
probe.

Als wertvolle Rechenprobe für eine auf eine grössere Zahl von Wechseln sich stützende Einwägung hat man:

$$H_E = H_A + \Sigma \text{ Rückwärtsablesungen} - \Sigma \text{ Vorwärtsablesungen,}$$

wobei  $H_E$  und  $H_A$  die Höhen des End- bzw. Anfangspunktes bezeichnen.

Allerdings umfasst diese Rechenprobe lediglich die Höhe der Wechsel und schützt in keiner Weise vor Rechenfehlern in den Zwischenpunkten. Will man auch für diese eine Probe, so muss man entweder jeden Punkt als Wechsel auffassen, indem man jede Zwischenablesung (bzw. ihre dekadische Ergänzung s. unten) als Vorwärtsablesung und sofort in gleicher Grösse wieder als Rückwärtsablesung einführt, oder man muss die Rechenmethode mit „Steigen“ und „Fallen“ anwenden.

Statt die Zwischen- und Vorwärtsablesungen zu subtrahieren, kann man auch (wie bei der logarithmischen Rechnung gebräuchlich) deren dekadische

Ergänzungen anschreiben und alles addieren. Das Formular kann dadurch eine wesentliche Vereinfachung erfahren.

Sind sowohl  $H_E$  als  $H_A$  gegeben, was schon in Rücksicht auf etwaige nicht bekannt gewordene Veränderungen der Ausgangspunkte immer anzustreben ist, so gibt diese Gleichung eine Ausgangspunkt- und eine Messungsprobe. Vor Ausrechnung der einzelnen eingewogenen Höhen wird in diesem Fall die gegen diese Probe etwa auftretende kleine Differenz auf die Wechselablesungen gleichmässig verteilt.

Messungs-  
probe.

Kleine Ablesefehler auf den Wechsellpunkten pflanzen sich durch das ganze Nivellement fort und sind daher besonders sorgfältig zu vermeiden. Ein etwaiger Ablesefehler auf einem Zwischenpunkt beeinflusst dagegen nur die Höhe des letzteren. Hier ist daher das Augenmerk mehr auf die Vermeidung grober Fehler zu richten.

Fehlerfort-  
pflanzung.

Auftretende Fehlerquellen bei Einwägungen:

Fehler-  
quellen.

a) regelmässig wirkende:

Gegenmittel:

α) Divergenz zwischen Libellen-  
achse und Ziellinie.

Möglichst sorgfältige Instr.-Rekti-  
fikation. Von jedem Standpunkt aus  
Vor- und Rückzielung gleich lang. Ab-  
haltung einseitiger Wärmequellen (Sonnens-  
strahlen, Regentropfen etc.) von der  
Wasserwaage durch Schirm.

Gegen-  
mittel.

β) Unrichtiger Lattenmeter.

Periodische Untersuchung. Nötigen-  
falls Reduktion jeder Ablesung. Mög-  
lichster Schutz der Latte gegen Feuch-  
tigkeitseinfüsse (auf dem Feld nicht auf  
feuchtem Boden liegen lassen).

γ) Schiefe Lattenhaltung.

Anwendung von Senkel oder Wasser-  
waage.

δ) Einsinken des Instruments oder  
der Latte.

Ruhige Stellung des Beobachters am  
Instrument. Möglichste Vermeidung, Ni-  
vellements über Moorflächen etc. zu  
führen. Auswahl fester Aufstellungen.  
Eindrücken der Stativfüsse in den Boden.

b) unregelmässig wirkende:

α) Schlechte Lattenteilung.

Untersuchung mittels Stangenzirkels  
oder Prismenmassstabs. Nötigenfalls Ein-  
führung von Reduktionsbeträgen.

β) Veränderung der Wechsel-  
punkte zwischen Vor- und  
Rückblick.

Verwendung sicherer Punkte (eventl.  
Bodenplatten). Während des Instrumen-  
tenwechsels Latte nicht niederlegen.

γ) Fehler beim Einschätzen der  
mm auf der cm-Teilung.

Genügend starke Fernrohrvergrösse-  
rung. Eventl. Einstellung auf cm-Strich  
und rechnerische Benützung des Libellen-  
ausschlags.

δ) Abweichung der Libellenachse von der Horizontalen. Möglichst im Augenblicke der Ablesung einspielen lassen. Abhaltung wechselnder Wärmequellen (schon die beim Berühren des Glases von der Hand ausgehende Wärme vermag bei empfindlichen Libellen einen Ausschlag von mehreren Teilstrichen hervorzurufen), daher bei Sonnenschein und Regen Instrument durch Schirm schützen. Genügende Empfindlichkeit der Libelle.

Winkel für die Anschaffung des Instruments.

Abgesehen von den Anforderungen an die Latte und von der Sorgfalt und Erfahrung des nivellierenden Technikers ist somit die Einwägegenauigkeit namentlich abhängig von der Fernrohrvergrößerung und der Libellenempfindlichkeit (die Feststellung der ersteren ist S. 108, die der letzteren S. 11 gezeigt).

Beide hängen insofern von einander ab, als es zwecklos wäre, durch grössere Libellenempfindlichkeit die Einstellgenauigkeit über das mit dem betr. Fernrohr erzielbare und für die betr. Arbeit notwendige Mass der Ablesegenauigkeit hinaus zu steigern und umgekehrt. Denn grössere Libellenempfindlichkeit steigert die Anschaffungskosten und die Schwierigkeit der Einstellung, stärkere Fernrohrvergrößerung erfordert längere Fernrohre und einen schwereren Instrumentenunterbau.

	Man verwendet	Libellenempfindlichkeit pro Pariser Linie	Fernrohrvergrößerung
für weniger wichtige Arbeiten (Aufnahme von Grabarbeiten, Querprofilen etc.)		20" bis 1'	15 bis 20fach
für Längenprofile . . . . .		10" „ 20"	20 „ 30 „
„ feinere Nivellements . . . . .		2" „ 10"	30 „ 40 „

Nimmt man an, dass die Luftblaseneinstellung an der Libellentheilung auf  $\frac{1}{5}$  Intervall noch möglich sei, so liefern 10" Empfindlichkeit auf 50 m Zielweite einen Einstellfehler von  $\frac{10 \cdot 50000}{5 \cdot 206265} \text{ mm} = \frac{1}{2} \text{ mm}$ .

Normale Ziellänge.

Auch die anzustrebende Normallänge der Zielung (Zielweite) hängt in erster Linie von der verlangten Genauigkeit ab. Je länger die Zielung, um so grösser die schädliche Wirkung etwaiger, wenn auch geringer Neigung der Ziellinie und etwaiger ungenügender Fernrohrvergrößerung und -Helligkeit.

Einfluss der Erdkrümmung.

Da die horizontale Ziellinie, als Tangente an die zur Erde im Schnittpunkt von Ziellinie und Vertikalachse gelegte konzentrische Kugel überall höher liegt, als diese Kugel selbst (wirklicher Horizont), so werden sämtliche Ablesungen an der vertikalen Latte um den Abstand zwischen Tangente und Kugel zu gross, die daraus berechnete Punkthöhe zu klein. Für die Differenz  $d$  gilt die Gleichung 7 a bezw. 8 der Kreisbogenabsteckung  $d = \frac{a^2}{2r}$  (wobei  $a$  die Zielweite, d. h. Tangentenlänge,  $r$  den Erdradius bezeichnet). Sie beträgt auf 50 m Ziellänge 0,2 mm, 100 „ „ 0,8 „ kann also im Gegensatz zu den Horizontalmessungen schon die Resultate gewöhnlicher Arbeiten merkbar beeinflussen. Diese Differenz hebt sich aber selbst auf, wenn Vor- und Rückblick gleich lang sind.

Amtliche Fehlergrenzen.

Für die höchstens noch zulässigen Fehler  $d$  von amtlichen Höhenangaben sind in den verschiedenen Staaten Bestimmungen getroffen, die in Deutschland ziemlich übereinstimmend als Grenzwert

$d = 18 \sqrt{n}$  mm zulassen, wobei  $n$  die Zahl der eingewogenen km angibt. Hiernach dürfen die Resultate zweier unabhängiger Einwägungen auf

50 m Länge	höchstens	voneinander	abweichen	um	4 mm
100	"	"	"	"	6 "
300	"	"	"	"	10 "
500	"	"	"	"	13 "
1000	"	"	"	"	18 "
2000	"	"	"	"	25 "
3000	"	"	"	"	31 "

Nur für Nivellements von geringer Bedeutung dürfen die Fehler das Doppelte des angegebenen Betrags erreichen.

Die Einwägungsarbeiten zerfallen in drei Gruppen, nämlich

- 1) Punktnivellements,
- 2) Liniennivellements,
- 3) Flächennivellements.

1) Die **Punkteinwägungen** dienen nicht direkt zur speziellen Darstellung von Teilen der Erdoberfläche, sondern nur zur Bestimmung der Höhe von sicheren Festpunkten „Höhenmarken“, auf die sich die weiteren Arbeiten nachher stützen können.

Diese Höhenmarken sind zylindrische, mit einer Bohrung nach der Längsachse, oder mit kugelförmigem Ende versehene, 15—20 cm lange eiserne Bolzen, welche in Entfernungen von einigen 100 m bis zu einigen km in die Mauern gut fundierter Bauwerke (Gebäude, Brücken, Durchlässe) in Zement oder Bleiguss eingebettet werden. Als Höhenpunkt gilt die Achse der horizontal versetzten Längsbohrung, die meist mit einem Loch einer am Mauerkörper befestigten gusseisernen Platte korrespondiert. Ragt der Bolzen mit einem Teil selbst über die Mauerfläche hervor, so gilt als Höhenpunkt der höchste Punkt dieses Teils (Kugelzone, Zylinder etc.), auf dem die Nivellierlatte direkt aufgestellt wird. Ist es mangels fester Bauwerke nötig, Höhenfestpunkte auf freiem Feld zu vermarken, so wählt man dazu Gelände mit gewachsenem Grund und stellt die zu verwendenden Steinpfeiler auf eine unter die Gefriergrenze herabreichende Betonunterlage.

Die Einwägung erfolgt mit besonders empfindlichen Wasserwagen und stark vergrößernden Fernröhren am besten hin und zurück. Die Latten sind besonders scharf geteilt und zweckmässigerweise mit Marken zur Prüfung des Lattenmeters versehen. Die Nivellementszüge werden dabei zu Schleifen von einigen 100 km angeordnet, welche man durch Querzüge versteift. Auf gleichlange

Vor- und Rückzielungen, ca. 50 m, wird besonderer Wert gelegt, ebenso auf günstige Witterung. (Arbeiten möglichst nur bei Windstille und bedecktem Himmel.) Ablesung auf mm.

Im übrigen soll hier auf die verschiedenen Methoden (Ablesung bei einspielender Wasserwage, oder Berücksichtigung des Libellenausschlags, Verwendung von Wendelibellen und Ablesung in zwei Fernrohrlagen, optische Entfernungsbestimmung etc.) der Feinnivellements nicht eingegangen werden. Bemerkte sei nur, dass es gelungen ist, ihre Zuverlässigkeit so zu steigern, dass auf das km nivellierter Strecke nur noch (je nach der Peinlichkeit der Ausführung) 1 bis 4 mm mittlerer Fehler zu befürchten sind.

2) Die **Liniennivellements** dienen zur Darstellung der Geländeform längs bestimmter Linien. Sie bilden die am häufigsten auftretende Einwägungsaufgabe zur endgültigen Projektierung, wie zur Abrechnung der bei Bauten vorkommenden Erdbewegungen.

Die Aufzeichnungen dieser Nivellements, die „Profile“, stellen die Abwicklung vertikaler Zylinder dar, deren Leitlinien durch die abgesteckte Trace oder Senkrechte zu ihr gegeben sind (Längenprofil, Querprofile).

Längen-  
nivelle-  
ments.  
Feld-  
aufnahme.

Der Aufnahme des Längennivellements geht die Verpflockung der Linie voraus, welche in gleichen horizontalen Entfernungen (10 bis 50 m je nach der Terraingestalt und der notwendigen Genauigkeit) bewirkt wird. Jeder Pflock wird auf Geländehöhe eingetrieben; zur leichteren Wiederauffindung wird ein Nummernlättchen beigesteckt, auf das die Bezeichnung des Pflocks (am besten als Längenangabe vom Anfangspunkt aus, bei grossen Bauten in Einheiten von km z. B. 24 + 260, bei kleineren in Einheiten von hm z. B. 18 + 20) geschrieben wird. Der Anfangspunkt für die Numerierung ist so zu wählen, dass im Lageplan wie im Längenprofil die Ziffern von links nach rechts ansteigen und im ersteren die Nordrichtung nach oben oder links geht. Bei fliessenden Gewässern geht die Numerierung in der Richtung des Wasserlaufs.

Für die Geländeform wichtige Punkte, wie z. B. Gefällwechsel, Böschungskanten, Mauern etc., werden, auch wenn ihre Lage nicht der in Aussicht genommenen Normalentfernung der Punkte entspricht, in gleicher Weise behandelt.

Nummehr werden die Pflockhöhen und sonstige für das Bauwerk wichtige Objekte (Wasserspiegel, Mauern, Sockelhöhen, Eichklammen, Pegelnullpunkte etc.) auf die oben gezeigte Weise eingewogen, bei sicheren Punkten auf mm, sonst auf cm.

Eintrag schematisch in das Feldbuch (s. S. 139).

Die Einwägung erfolgt zweckmässig in beiderlei Richtung,

also doppelt, und schliesst womöglich an Festpunkten an und ab, deren Höhe über N.N. amtlich bestimmt wurde. Nur bei untergeordneten Einwägungen, bei denen die Kosten des Anschlusses an entfernten Festpunkten ausser Verhältnis zum Zweck stehen würden, wählt man einen beliebigen Horizont, auf den alle für die fragliche Arbeit in Betracht kommenden Punkte bezogen werden. In beiden Fällen werden überdies noch möglichst unveränderliche, jederzeit während des Baus wieder auffindbare Punkte (Marken an sicheren Bauwerken, Steinpfeiler etc.) als Festpunkte in höchstens 1 km gegenseitiger Entfernung festgelegt und auf den gewählten Horizont bezogen, damit in Zweifelsfällen jederzeit einwandfreie Höhen zur Verfügung stehen.

Je steiler das Gelände ist, um so schwerer hält es, lange Zielungen verwenden zu können, zumal wenn (s. S. 135 u. 148) an der Forderung gleichlanger Vor- und Rückblicke festgehalten werden will. Ist z. B. die Latte 4 m lang und es soll deren Länge von jedem Stand aus möglichst voll ausgenützt werden, so ist das Fernrohr in eine Höhe von 2 m über der geraden Verbindungsstrecke der beiden Wechselfunkte in deren Mitte zu bringen. Dies ist bei gleichmässigem Gefäll auf der Linie selbst unmöglich, weil die vertikale Entfernung der Stativfüsse vom Fernrohr nur etwa 1,3 m (Aughöhe) beträgt; es gelingt nur durch Aufstellung seitwärts ca. 70 cm über der Mitte der für den betreffenden Standpunkt in Betracht kommenden Strecke.

Ist, wie in angebauten Strassen, die Wahl eines höheren, seitwärts gelegenen Standpunktes unmöglich, so muss entweder auf gleichlange Zielungen, oder auf volle Ausnützung der Lattenlänge verzichtet werden. Im letzteren Fall genügt eine 3 m lange Latte.

Es ist durchaus nicht nötig, zu „Wechselfunkten“, auf denen die Latte während der Veränderung des Instrumentenstandes stehen bleibt (niemals dürfen vor Abschluss der Arbeit Instrument und Latte gleichzeitig fortbewegt werden!), Punkte zu wählen, die der zu nivellierenden Linie selbst angehören, oder deren Horizontalprojektion in den Plan eingezeichnet wird. Viel wichtiger ist ihre völlige Unveränderlichkeit während der Messung.

Die Abschlussdifferenz gegen die S. 132 angegebene Probe: Höhen-  
berechnung.

$$H_E = H_A + \sum \text{Rückwärtsablesungen} - \sum \text{Vorwärtsablesungen} \quad (\text{wobei im Falle ausgeführten}$$

Vor- und Rücknivellements, oder der geschlossenen Schleife  $H_E = H_A$ , also  $\sum \text{Vorwärtsablesungen} = \sum \text{Rückwärtsablesungen}$ ) wird vor Ausrechnung der Punkthöhen gebildet. Übersteigt sie nicht die Grenze des zulässigen Fehlers, so wird sie auf die Wechselablesungen gleichmässig verteilt. Sodann rechnet man die Punkthöhen mit den verbesserten Ablesungen aus, wobei als Rechenprobe die Höhe des Abschlusspunktes mit der bereits bekannten Höhe übereinstimmen muss.

Hat die Einwägung in beiderlei Richtung stattgefunden, so hat man jetzt für jeden aufgenommenen Punkt zweierlei Höhenzahlen. Übersteigt deren Unterschied nicht die zulässige Grenze, so werden sie gemittelt, indem man jeder von ihnen als Gewicht die Zahl der für die andere verwendeten Wechsel zuschreibt.

In Fig. 102 ist das nebenstehend tabellarisch behandelte Längennivellement als Skizze wiedergegeben, wobei angenommen ist, die Höhe des Punktes 0 sei durch eine frühere Einwägung bestimmt worden.

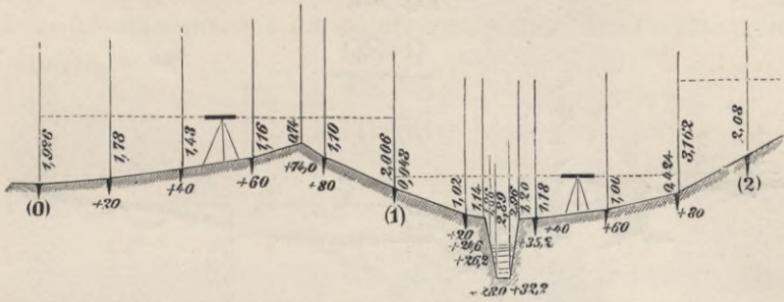
Querprofile.  
Feld-  
aufnahme.

Die Aufnahme der Querprofile erfolgt normal zum Linienzug des Bauwerks, bei Bruchpunkten desselben in der Richtung der Winkelhalbierenden, an allen ins Längennivellement einbezogenen Punkten. Um die Winkelhalbierenden zu erhalten, benützt man die beiden gegebenen Richtungen, oder die im Scheitelpunkt darauf gefällten Lote als Schenkel eines gleichschenkligen Dreiecks und halbiert deren Grundlinie. Der Halbierungspunkt ist ein Punkt der gesuchten Winkelhalbierenden. Verläuft die Trace im Kreisbogen, so halbiert man auf gleiche Weise die Winkel der beiden Sehnen, welche man vom fraglichen Scheitelpunkt nach gleichabständigen Bogenpunkten erhält, von denen der eine rückwärts, der andere vorwärts von ihm liegt.

Die Ausdehnung des Querprofils nach rechts und links geht so weit, als der Einfluss des beabsichtigten Bauwerks voraussichtlich reicht.

Die Verpflockung unterbleibt, es wäre denn, dass die allzu grosse Breitenausdehnung das Einwägen der Profildpunkte in zusammenhängendem Zug zur Probe notwendig machen würde. Die Aufnahme erfolgt daher mit zwei oder drei Messgehilfen nach Horizontalprojektion und Höhe gleichzeitig. Wird die Kanalwage, oder das Nivellierinstrument verwendet, so misst einer (oder zwei) der Messgehilfen horizontal vom Achspflock fortlaufend nach rechts und links unter Ablesung der einzelnen aufzunehmenden Geländepunkte. Der dritte Gehilfe hält auf ihnen, zuvor aber auf dem Achspflock die Nivellierlatte vertikal auf, auf welcher bei einspielender Wasserwage durch das Fernrohr abgelesen wird. Sämtliche Masse werden im Feldbuch entweder in einer Skizze (siehe Fig. 103) oder schematisch (s. S. 140) eingetragen. Dabei erfolgt die Feldaufzeichnung immer so, wie der in der Nummernrichtung des Längenprofils blickende Beobachter das Querprofil sieht. Ablesung an der Nivellierlatte auf cm. Die Ausrechnung der Punkthöhen ist nur ausnahmsweise nötig.

Fig. 102.



Punkt Nr.	Lattenablesung			Höhe		Bemerkungen
	rückwärts	zwischen	vorwärts	der Zielung	des Punkts	
0	1.926 + 2			329.571	327.643	Höhe bestimmt, s. Nivellement S. 12.
+ 20		1.78			327.79	
+ 40		1.43			328.14	
+ 60		1.16			328.41	
+ 74		0.74			328.83	
+ 80		1.10			328.47	
1			2.006		327.565	
	0.043 + 2			327.610		
+ 20		1.02			326.59	
+ 24.6		1.14			326.47	Bachböschung ob.
+ 26.2		1.86			325.75	} Bachsohle.
+ 28.0		2.89			324.72	
+ 32.2		2.96			324.65	
+ 35.2		1.20			326.41	
+ 40		1.18			326.43	
+ 60		1.00			326.61	
+ 80			0.424		327.186	
	3.162 + 2			330.350		
2			2.080		328.270	Anschlusspunkt, s. Nivellement S. 14.
	5.131		4.510			

$$\begin{aligned}
 & 0.621 \\
 & 327.643 = H_0 \\
 & 328.264 = H_2 \text{ ist} \\
 & 328.270 = H_2 \text{ soll}
 \end{aligned}$$

+ 0.006 einteilen auf drei Wechselablesungen.





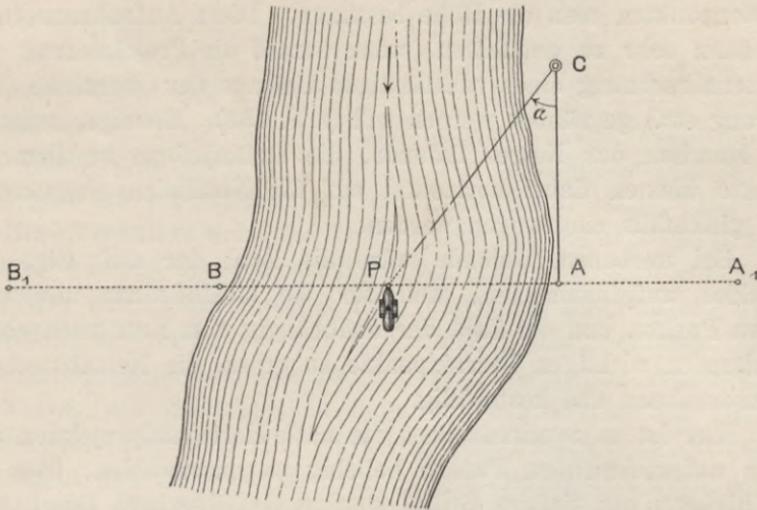
zeit. Ist die Ablesung nicht in derjenigen Geschwindigkeit durchzuführen, in der ein Wasserteilchen bezw. ein ins Wasser geworfener Schwimmer die Strecke durchläuft, so nimmt man sie zweimal in entgegengesetzter Richtung möglichst hintereinander vor und führt das von etwaigen Wasserstandsänderungen befreite Mittel beider Messungen ein. Zum Zweck der eventuellen Reduktion der beobachteten Höhen auf Mittelwasser wird der Wasserstand an einem benachbarten Pegel, an welchem die Mittelwasser-Sollablesung bekannt ist, womöglich gleichzeitig abgelesen, während der genannte Schwimmer denselben passiert. Bei ausgedehnteren Aufnahmen verbindet man Zwischenpegel mit einzelnen Wasserstandspfählen und verfolgt an ihnen wie am Standpegel Grösse und Zeit der etwaigen Veränderung des Wasserstandes während dessen Einmessung. Mit Hilfe der Pegelbeobachtungen werden sämtliche Ablesungen auf Mittelwasser zurückgeführt.

d) Einwägung der Köpfe sämtlicher Wasserstandspfähle, der etwa berührten Fachbäume, Eichklammen, Flussbauten, des Pegelnullpunkts und der Nullpunkte etwa weiter aufgestellter Zwischenpegel.

e) Aufnahme der Querprofile (Peilung). Bei kleineren Wasserläufen wird zu diesem Zweck eine Messleine, ein geteilter Draht oder (wo es ausreicht) das Messband, je zwei der Wasserstandspfähle verbindend, über den Fluss gespannt und so befestigt, dass der Nullpunkt mit einem von ihnen übereinstimmt. In gleichen Abständen (etwa alle Doppelmeter) wird sodann von der Spitze eines Kahns aus mit einer in dm geteilten, unten mit Querplatte versehener „Peilstange“ (geteilte Holzstange, oder dünnwandige Stahlröhre von 25—40 mm Durchmesser) die Wassertiefe gemessen. (Das vertikale Eintauchen der Peilstange erfordert, zumal bei starker Strömung, viel Kraft und Gewandtheit.) Die Fortbewegung des Nachens erfolgt mit den Händen längs eines parallel zur Messleine an beiden Ufern befestigten, auf einer Rolle gleitenden Führungsdrahtes, an dem er der Sicherheit wegen noch mittels einer Laufrolle befestigt ist.

Bei breiteren Flüssen, über die ein Führungs- oder Messdraht sich nicht spannen lässt, wird die Profilrichtung an beiden Ufern durch je zwei in dieselbe gepflanzte Stangen  $AA_1$ ,  $BB_1$  bezeichnet (s. Fig. 105), in deren Verlängerung der Kahnführer den Kahn bringt. Im Augenblick des Peilens wird die Peilstange von einem gegen das Profil festgelegten Punkt  $C$  aus angezielt und der Winkel  $ACP = \alpha$  gemessen. Ist  $\sphericalangle CAA_1 = R$ , so hat man einfach  $AP = AC \times \operatorname{tg} \alpha$ .

Fig. 105.



f) Berechnung der Höhe der Flusssohle. Die an der Peilstange abgelesene Wassertiefe wird um denjenigen Betrag vermehrt, um welchen im Augenblick der Peilung der Wasserstand unter Mittelwasser (siehe Arbeitsteil c) sich befand, um die Höhe der Flusssohle zu berechnen.

Die Behandlung der Aufgabe bei grossen Wasserflächen, bei welchen die kennengelernten Hilfsmittel nicht ausreichen, überschreitet den Rahmen gegenwärtigen Buchs. Im Falle des Vorhandenseins einer Eisdecke kann man übrigens auch hier durch Einwägung und Horizontalaufnahme von auf dem Eise bezeichneten Punkten und darauffolgendes Einstossen von Löchern für die Einführung der Peilstange oder der Lotleine die Arbeit bequem und mit einfachen Mitteln ausführen. Handelt es sich nur um die Untersuchung, ob und wo ein Tiefenabmangel (für die Schifffahrt) vorhanden ist, so genügt die Verbindung eines auf die Minimaltiefe eingestellten Massstabs mit dem Nachen und zwar scharnierartig so, dass der Stab sich soweit als nötig umlegt, wenn der Nachen seichte Stellen, Felsbänke etc. passiert. Aus der Grösse des Ausschlags kann man den Abmangel an Tiefe berechnen.

3) Die **Flächeneinwägungen** dienen zur Darstellung der Bodengestalt nicht bloss längs einzelner Linien, sondern über eine ganze mehr oder weniger ausgedehnte Fläche. Solche Darstellungen sind nötig zum generellen Entwurf von grösseren Bauobjekten, wie Strassen, Eisenbahnen etc., auf dem Plan, wenn solche (mit etwaigen Varianten) sich nicht an Ort und Stelle selbst befriedigend projektieren lassen, oder wenn (wie bei städtischen Bauplänen) neben der Rücksicht auf die Geländeform noch andere, gleichwichtige Momente gegeneinander abzuwägen und zu berücksichtigen sind.

Bei ziemlich ebenem Gelände (Wiesengrund, Militärübungsplatz etc.) kann der Aufnahme ein Rost gleichabständiger, senkrechten Linien dienen.

$\alpha$ ) Benützung eines Quadratnetzes.

rechter und paralleler Geraden zugrunde gelegt werden, von dessen Knotenpunkten man die Höhe bestimmt. Diese Aufnahmemethode ist dann sehr zu empfehlen, wenn darauf die Projektierung und Kostenabrechnung eines vollständigen Umbaus der Oberfläche (Planierung etc.) gegründet werden soll (s. S. 158). Etwaige, zwischen die Maschen des Netzes fallende, die Geländeform bestimmende Punkte können dabei horizontal auf die Netzlinien eingemessen und gleichfalls eingewogen werden.

β) Freie  
Punktwahl.

Bei unebenem Gelände wäre die Zahl der auf obige Art zwecklos aufgenommenen, weil für die Geländeform unwesentlichen Punkte, und die Zahl der unabhängig vom Netz noch einzuschaltenden wichtigen Terrainpunkte zu gross, die Netzabsteckung zu zeitraubend und kostspielig.

Hier ist es zweckmässiger, die nach Horizontalprojektion und Höhe aufzunehmenden Punkte beliebig so auszuwählen, dass sie alle höchsten und tiefsten Geländepunkte, Gefällwechsel, Böschungskanten, Wasserspiegel, Flusssohlen etc. umfassen und dass die gerade Verbindungslinie je zweier aufgenommenener benachbarter Punkte genügend genau mit der Geländeoberfläche zusammenfällt. Immerhin ist es aber für die Weiterverwendung zweckmässig, die Punktauswahl so zu treffen, dass die einzelnen Punktgruppen Linien stärksten Gefälls ungefähr folgen.

Feld-  
aufnahme.

Lagebestim-  
mung.

Die Aufnahme von Horizontalprojektion und Höhe erfolgt bei vorhandener Kleinparzellierung womöglich gleichzeitig. Als Grundlage für die Horizontalaufnahme dienen beliebig festgelegte Dreiecks- oder Polygonnetze, bzw. die in der etwa vorhandenen Katasterkarte (in Württemberg, Bayern, Österreich etc. lithographierte Exemplare) eingezeichneten Eigentumsgrenzen, oder (bei Grossparzellierung) auf sie gestützte Konstruktionslinien. Je weniger geneigt das Gelände, um so geringeren Einfluss auf die Höhe hat eine kleine horizontale Punktverschiebung, um so flüchtiger darf also die Horizontalprojektion eingemessen werden. Bei nahezu horizontalem Gelände genügt unter Umständen blosses Einschreiten.

Die nach Lage und Höhe aufgenommenen Punkte erhalten Nummern, die zur Verbindung von Horizontal- und Vertikalaufnahme dienen.

Ist die Zahl der zu ziehenden Konstruktionslinien gross, die horizontale Einmessung also zu zeitraubend, um nebenher erledigt werden zu können, so ziehen wir vor, Horizontal- und Vertikalaufnahme zu trennen. Wir bezeichnen zu diesem Zweck die aufzunehmenden Punkte vor Beginn der Arbeit mit Nummernplöckchen, deren Lage und Höhe je nach einem der vorgeführten Verfahren bestimmt werden. (Die in diesem Fall zweckmässige gleichzeitige Aufnahme von

Lage und Höhe auf tachymetrischem Wege überschreitet den dem vorliegenden Buch gesteckten Rahmen.)

Als Grundlage für die Höhenbestimmung dienen die Resultate einiger über das Gelände vorbereitend gelegter, feste Punkte an Bauwerken, Marksteine etc. umfassender Punkteinwägungen. Höhenbestimmung.

Zur gleichzeitigen Aufnahme von Horizontalprojektion und Höhe sind zwei Techniker und ein Lattenträger nötig. Der gewandtere Techniker weist den Lattenträger auf die aufzunehmenden Punkte, besorgt deren horizontale Aufnahme und Einzeichnung in die Karte und skizziert soweit nötig diejenigen geradlinigen Punktverbindungen, welche mit der Geländeform zusammenfallen, sowie etwaige topographische Einzelheiten, wie Böschungen, Felsen, Leitlinien für, und Störungen in dem normalen Verlauf der Höhenkurven etc. (s. später.) Der zweite Techniker bedient das Nivellierinstrument und führt das Feldbuch. Jeder Punkt wird samt seiner Nummer in Karte und Feldbuch eingetragen. Von Zeit zu Zeit (z. B. je nach bewirkter Aufnahme von 10 Punkten) prüfen beide Techniker durch verabredete Zeichen die Übereinstimmung ihrer Nummern. Ebenso erfolgt durch Zeichen eine Mitteilung an den das Instrument bedienenden Techniker, wenn die Latte auf einem festen Punkt (Markstein etc.) aufgestellt ist, weil in diesem Fall die Ablesung sorgfältiger (auf cm) gemacht werden muss, während bei blossen Geländepunkten häufig dm (Maximalfehler 5 cm) genügen. Zum Aufschrieb wird ein Formular (z. B. das Seite 139 vorgeführte) verwendet, in welchem auch die Höhenberechnung ausgeführt wird. Von Zeit zu Zeit (nach etwa 1 km Zuglänge) wird die Einwägung an einem der einleitend geschaffenen Höhenfestpunkte abgeschlossen, um die Richtigkeit der benutzten Zielhöhen zu prüfen. Die Aufnahme erfolgt in vertikalen Schichten von Lattenhöhe und ca. 500 m horizontaler Erstreckung (Zielweite bis zu 300 m). Für sehr grosse Zielweiten ist eine dm-Teilung auf der Rückseite der Latte der cm-Teilung vorzuziehen.

### § 18. Untersuchung und Berichtigung (Rektifikation, Justierung) der Nivellierinstrumente.

In § 17 ist stillschweigend vorausgesetzt worden, dass die Ziellinie horizontal sei, sobald die auf dem Fernrohr ruhende Wasserwaage einspielt. Diese Voraussetzung trifft nur zu, wenn: Anforderungen.

1) Die Libellenachse und die Ziellinie parallel sind. — Hauptforderung.

Die Genauigkeit der Einwägung wird ferner zwar nicht gestört, wenn bei einer Drehung des Fernrohrs um die Vertikalachse die

Wasserwage ausschlägt: Man muss sie nur vor jeder Ablesung ohne allgemeine Höhenveränderung des Fernrohrs wieder zum Einspielen bringen. Bequemer ist es aber jedenfalls, diese Arbeit zu sparen, oder mindestens zu reduzieren. Soll die Libelle bei der Drehung im ganzen Kreis herum einspielen, so muss ihre Achse eine Ebene (keine Kegelfläche) beschreiben und zu diesem Zweck soll:

Erste  
Bequem-  
lichkeits-  
forderung.

2) Die Libellenachse senkrecht stehen auf der Vertikalachse. —

Die Ziellinie, als Verbindungslinie vom optischen Mittelpunkt des Objektivs mit dem Kreuzungspunkt der Fäden, ist zwar ganz unabhängig von der Richtung der letzteren. Es ist aber sehr bequem, wenn der eine Faden zur Kontrollierung der Lattenstellung bei der Arbeit vertikal, der andere horizontal ist, um nicht genötigt zu sein, immer und mit aller Schärfe gerade den Kreuzungspunkt auf die (bei bewegter Luft oft schwankende) Ablesestelle zu bringen. Es soll daher

Zweite  
Bequem-  
lichkeits-  
forderung.

3) Der Horizontalfaden in die Bewegungsebene der Ziellinie fallen.

Die obigen drei, nach dem Gesagten nicht gleich notwendigen Anforderungen sind an jedes Nivellierinstrument zu stellen.

Reihenfolge  
der Unter-  
suchung.

Für die Reihenfolge der Berichtigung und damit auch der Untersuchung ist der selbstverständliche Grundsatz massgebend, dass eine vorausgegangene Teiljustierung durch die nachfolgende nicht gestört werden darf. Diese Rücksicht bedingt eine verschiedene Behandlung der in § 15 vorgeführten Instrumentenkonstruktionen.

**I. Die Untersuchung und Berichtigung des einfachen Nivellierinstruments** Fig. 96 (alle drei Hauptbestandteile fest miteinander verbunden)

Erste  
Bequem-  
lichkeits-  
forderung.

beginnt mit der (im Falle von Zeitmangel zu vernachlässigenden) Bequemlichkeitsforderung\*):

2) Libellenachse  $\perp$  Vertikalachse. Man bewirkt zunächst unter Benützung der Nivellierlibelle allgemeine Horizontalstellung des Instruments (Einspielen der Libelle in zwei zueinander senkrechten Lagen), dreht dann das Fernrohr um seine Vertikalachse um  $2 R$  und verlangt nun, dass die Wasserwage noch einspiele. Der etwaige Ausschlag entspricht dem doppelten Fehler  $2 \varphi$  am verlangten rechten Winkel (s. Fig. 106), daher: Verbesserung des halben Ausschlags an den Korrektionsschrauben der Libelle, des

\*) Beim Theodolit ist dies die einzige an die Drehachsen zu stellende wichtige Forderung s. S. 118/119.

Restes an der Stellung der Vertikalachse mittels der Stellschrauben des Instruments.

Bei Benützung der Korrektionschrauben ist sachgemäss zu beachten, dass (vergl. auch S. 13 und Fig. 6, 7 und 9) diese hier wie bei allen geodätischen Instrumenten immer paarweise entgegenwirkend, z. B. als Zug- und Druckschrauben, oder in Verbindung mit gegenwirkenden Federn angeordnet sind. Jede grössere Kraftanwendung ist bei der Rektifikation zu vermeiden und jeweils die eine Schraube zu lösen, ehe die andere angezogen wird.

Zur Probe wird schliesslich die allgemeine Horizontalstellung wiederhergestellt und das Verfahren so lange wiederholt, bis die Libelle bei Drehung um  $2R$ , wie im ganzen Kreis herum keinen verbesserbaren Ausschlag mehr zeigt.

An die Reihe kommt jetzt die Bequemlichkeitsforderung:

3) Horizontalfaden in der Bewegungsebene der Ziellinie. Zur Untersuchung wird der Fadenkreuzungspunkt auf irgend einen festen Punkt eingestellt und alsdann das Fernrohr je um das halbe Gesichtsfeld nach links und rechts um die Vertikalachse gedreht. Hierbei muss der Horizontalfaden den genannten Punkte stets decken (Horizontalstellung des Instruments ist für diese Untersuchung unnötig). Etwaige Abweichung wird im vollen Betrag durch Drehung des der Okularröhre angeschraubten Okularkopfes, welcher das Fadenkreuz birgt, weggeschafft.

Zur Verhinderung von unbeabsichtigten Drehungen des Okularkopfes und von Veränderungen der Fadenkreuzstellung ist bei allen Fernrohrinstrumenten das Anfassen des Okularkopfes während der Arbeit zu vermeiden.

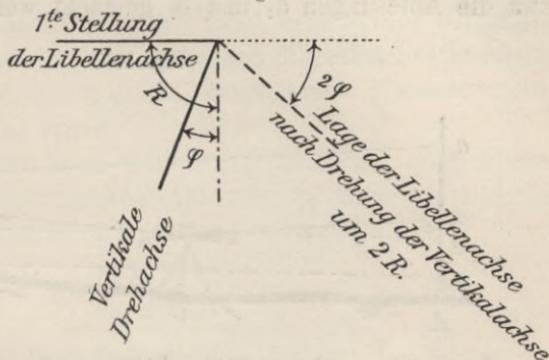
Zum Schluss kommt die Untersuchung der einzigen wesentlichen Forderung (auf die sich die Rektifikation bei Zeitmangel beschränken kann, aber auch unter allen Umständen erstrecken muss):

1) Libellenachse und Ziellinie parallel. Man hat dafür zwei Methoden, nämlich:

- A) Untersuchung durch Einwägen aus der Mitte.
- B) Untersuchung durch Gegenzielung.

Es genügt, eine dieser Methoden, z. B. die erste, sicher zur Verfügung zu haben.

Fig. 106.

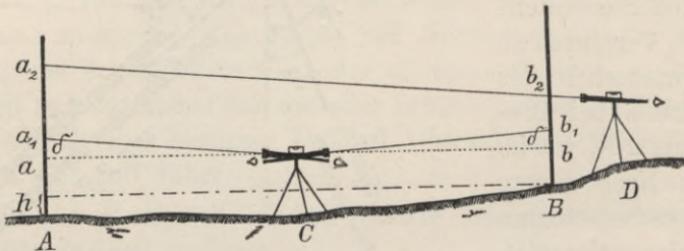


Zweite  
Bequem-  
lichkeits-  
forderung.

Haupt-  
forderung.

In gleichem Abstand von zwei nicht allzu verschiedenen hohen, etwa 60 m voneinander entfernten, festen Punkten A und B wird das Instrument in C aufgestellt. Mittels des Fernrohrs wird sodann bei einspielender Wasserwage an einer auf diesen Punkten vertikal aufgehaltene Latte abgelesen. Angenommen nun, der verlangte Parallelismus wäre nicht vorhanden und demnach die benützten Ziellinien trotz einspielender Wasserwage nicht horizontal, so wären statt der bei richtigem Instrument erhaltenen Ablesungen a und b etwa die Ablesungen  $a_1$  und  $b_1$  gemacht worden (s. Fig. 107).

Fig. 107.



Statt der wahren Höhendifferenz  $h = a - b$  erhielte man also  $h_1 = a_1 - b_1$ . Da aber der Winkel zwischen Ziellinie und Libellenachse konstant, letztere in beiden Fällen horizontal und die Instrumententfernung von A und B gleich ist, so ist  $a_1$  und  $b_1$  um denselben (unbekannten) Betrag  $\delta$  zu gross oder zu klein, und man hat

$$a_1 = a + \delta$$

$$b_1 = b + \delta$$

also

$$h_1 = a_1 - b_1 = (a + \delta) - (b + \delta) = a - b = h,$$

(Wichtigster Satz für die praktische Ausführung der Einwägungen.) d. h.: Man erhält die Höhendifferenz zweier Punkte auch mit fehlerhaftem Instrument richtig, wenn man letzteres nur in der Mitte zwischen beiden aufstellt.

Wir ziehen daraus für unsere Einwägungsarbeiten (s. auch S. 133 u. 135/137) die Lehre, unter allen Umständen auf gleichlange Rück- und Vorzielung zu achten, zumal eine absolut genaue und sich nicht ändernde Richtigstellung des Instruments unmöglich ist. Etwaige kleine Divergenzen zwischen Libellenachse und Ziellinie können dann nur auf die Höhen der Zwischenpunkte nach Verhältnis der Längendifferenz zwischen Rück- und Zwischenzielung wirken und keine sich fortpflanzenden Fehler erzeugen.

Jetzt stellt man das Instrument in D so nahe bei einem der Punkte, z. B. bei B auf, dass man B durchs Fernrohr gerade noch anzielen kann, und macht bei einspielender Libelle in A bzw. B die Ablesungen  $a_2$  und  $b_2$ . Wären diese Zielungen horizontal, so müsste sein

$$h = a_2 - b_2 = a_1 - b_1,$$

weil der Höhenunterschied der zwei Punkte von der Höhe des gewählten Horizonts nicht beeinflusst wird.

Dann wäre aber der verlangte Parallelismus vorhanden.

Stimmt diese Gleichung nicht, so ist (wegen der geringen Ziellänge) die Ablesung  $b_2$  jedenfalls nahezu richtig und das mangelhafte  $a_2$  trägt hauptsächlich die Schuld an der Differenz.

Es sollte sein:

$$a_2 = h + b_2 = (a_1 - b_1) + b_2 = h_1 + b_2.$$

Man verschiebt nun das Diaphragma samt dem darauf befestigten Fadenkreuz mittels der vertikal wirkenden Korrektionschrauben  $f$  (s. Fig. 86, 97 und 98), bis man bei einspielender Wasserwage die gewünschte Ablesung  $a_2$  erhält.

Zur Vorsicht kann man schliesslich nochmals kontrollieren, ob die als richtig angenommene Ablesung  $b_2$  keine Veränderung erlitten hat, die jetzt zu berücksichtigen wäre.

Beispiel.  $a_1 = 2.763$

$$b_1 = 1.840$$

richtige Höhendiff.  $h_1 = a_1 - b_1 = 0.923$

$$b_2 = 0.641$$

somit soll  $a_2 = 1.564$

dagegen ist  $a_2 = 1.550.$

Das Diaphragma ist also bis zur gewünschten Ablesung 1.564 abwärts zu verschieben.

Bei der zuletzt gezeigten Untersuchung wird der Okularauszug stark benützt. Das setzt voraus, dass die Bewegung des Fadenkreuzes mittels desselben genau zentrisch erfolge, so dass der Ziellinie dadurch keine veränderte Neigung erteilt werde. Diese Forderung ist beim Nivellierinstrument noch wichtiger, als beim Theodoliten (s. S. 108), weil bei Einwägungen die Zielweiten viel kleiner und wechselnder sind. Zur Untersuchung, die mit der Justierung verbunden werden kann, bestimmt man aus dem Mittelpunkt eines in Abständen von etwa 10 zu 10 m verpflochten Kreisbogens von 50—70 m Halbmesser die Höhen der einzelnen Bogenpunkte in bezug auf einen beliebigen Horizont mehrfach, also möglichst zuverlässig. Da die Ziellängen alle gleich sind, hat ein etwaiger Instrumentenfehler keinen Einfluss auf die Höhenunterschiede. Sodann berichtigt man nötigenfalls das Instrument in bezug auf die Hauptforderung, indem man es in der Nähe eines der beiden Bogenendpunkte aufstellt und unter Benützung des anderen Bogenendpunktes wie oben geschildert verfährt. Endlich liest man bei einspielender Libelle auf der Latte ab, die man auf allen Bogenpunkten aufstellt, dabei den Okularauszug auf seine ganze Ausdehnung benützend. Die hieraus berechneten Höhen müssen mit den vom Mittelpunkt aus gewonnenen, richtigen, übereinstimmen.

Unter-  
suchung der  
Bewegung  
des Okular-  
auszugs.

Die Untersuchung und nötigenfalls Herstellung des Parallelismus zwischen Libellenachse und Ziellinie ist jeden Tag vor Beginn der Arbeit vorzunehmen.

Nachweis  
der erfolgten  
Instru-  
menten-  
unter-  
suchung.

Um den aktenmässigen Nachweis zu erbringen, dass dies wirklich geschehen ist, ist es zweckmässig, die erste Rück- und Vorzielung gleich und nicht allzulang zu machen und sofort vom zweiten Standpunkt aus neben der nötigen Rückzielung nach dem Wechsellpunkt eine Zwischenzielung nach dem Anfangspunkt zu nehmen. Das folgende Schema zeigt eine derartige Untersuchung beim Beginn der Einwägung:

Punkt- Nr.	A b l e s u n g			H ö h e		Bemerkungen
	rückwärts	zwischen	vorwärts	der Visur	d. Punktes	
	2.386				246.184	Höhenmarke an Geb. 13
1			1.144			
	2.082					
		3.326				Höhenmarke an Geb. 13
	.		.			Differenz (2.386 + 2.082)
	.		.			— (1.144 + 3.326)
	.		.			4.468 } = - 0.002
	.		.			— 4.470 } beruht.

## II. Untersuchung und Berichtigung des vollkommenen Nivellierinstruments (Fig. 97 und 109).

Eigenes  
Rektifi-  
kations-  
verfahren  
notwendig?

Das vollkommene unterscheidet sich vom einfachen Nivellierinstrument lediglich dadurch, dass es bei ihm möglich ist, die drei losen Hauptbestandteile in verschiedenen Lagen zusammenzustellen und zu benützen. Diese Möglichkeit bedingt aber durchaus noch keine Notwendigkeit, und es hindert uns gar nichts, Vorkehrungen zu treffen, wodurch die genannten Bestandteile immer in derselben gegenseitigen Lage benützt werden. In diesem Fall bedarf es einer besonderen, von der vorigen abweichenden Berichtigungsmethode nicht — das Instrument kann als einfaches behandelt werden.

Dies als Wink für den Praktiker, falls ihm das spezielle Berichtigungsverfahren des vollkommenen Instruments in Vergessenheit geraten sollte. Letzteres ist jedoch, wenn auch für das Verständnis schwieriger, in der Ausführung bequemer und erfordert keinen Messgehilfen, ja, falls eine feste Fensterbank zur Verfügung steht, nicht einmal das Verlassen des Zimmers. Es erfolgt in der Reihenfolge der Wichtigkeit der Anforderungen und zwar:

### 1) Libellenachse und Ziellinie parallel.

Haupt-  
forderung.

Die Anforderung ist erfüllt, wenn beide Linien einer dritten parallel sind, nämlich der Mantellinie des durch die Lagerringe a des Fernrohrs gebildeten Kreiszyinders. Wir untersuchen daher:

a) Parallelismus zwischen Mantellinie und Libellenachse (s. auch S. 12/13). Nachdem die Libelle zum Einspielen gebracht ist, wird sie auf ihrem Lager, den Fernrohringen, umgesetzt. Der etwaige Ausschlag entspricht dem doppelten Fehler und wird zur Hälfte an den vertikal wirkenden Korrektionschrauben  $d$  bzw.  $z$  der Libelle (Fig. 97), zur anderen Hälfte an der Richtung der Lagerringe mittels der Stellschrauben des Fussgestells verbessert.

Soll bei der künftigen Arbeit das Einspielen der Wasserwaage jeweils auf Grund des durch den Spiegel  $M$  erzeugten Bildes bewirkt und konstatiert werden (was den Vorteil hat, dass Luftblase und Ablesestelle fast gleichzeitig beobachtet werden können), so ist dieses Spiegelbild schon bei der Richtigestellung des Instruments zu benutzen. (Zur Erreichung des Zwecks gleichzeitiger Beobachtung von Latte und Libelle gibt es besondere Instrumenten-Konstruktionen, z. B. diejenige von Wagner. Doch soll hier nicht darauf eingegangen werden.)

Seite 126/127 wurde angegeben, dass den Stiften, mittels derer die Wasserwaage auf dem Fernrohr durch Bügel  $B$  festgehalten wird, ein kleiner Spielraum zu lassen ist, um schädliche Spannungen zu vermeiden. Dadurch werden aber kleine Drehungen der Libelle um die Längsachse des Fernrohrs möglich. Sollte hierbei (nach Wegnahme der festhaltenden Bügel, um die Möglichkeit der Bewegung auf den Lagerringen zu vergrössern) sich ein Ausschlag der Luftblase zeigen, der von windschiefer Lage zwischen Fernrohr- und Libellenachse zeugen würde, so wäre er durch Verschiebung der Wasserwaage in den Stützen mittels ihrer horizontal wirkenden Korrektionschrauben  $s$  wegzubringen (siehe Fig. 7 und 109).

b) Parallelismus zwischen Mantellinie und Ziellinie. Man richtet das Fernrohr auf einen fernen scharfen Punkt (Horizontalstellung unnötig) und dreht es, nachdem die Vertikalachse festgebremst ist, um seine eigene Längsachse in den Lagern. Hierbei darf der Kreuzungspunkt der Fäden den Zielpunkt nicht verlassen. Beschreibt er einen Kreis, so fällt die Ziellinie nicht mit der Achse des durch die Fernrohrringe gebildeten Zylinders zusammen, das Fernrohr ist nicht „zentriert“. Dies kann daher rühren, dass entweder der Fadenkreuzungspunkt, oder der optische Mittelpunkt des Objektivs, oder beide Punkte nicht in der geometrischen Achse der Lagerringe liegen. Die stärkste Abweichung, welche sich nach Drehung um  $2R$  zeigt, entspricht dem doppelten Fehler.

Ob der optische Mittelpunkt des Objektivs, das sich bei den gewöhnlichen Instrumenten nicht verschieben lässt, zentriert ist, untersucht man, indem man das Fernrohr um seine Längsachse dreht, nachdem das Fadenkreuz durch Verschieben des Diaphragmas unsichtbar gemacht wurde. Exzentrische Lage des optischen Mittelpunkts erzeugt dann ein Rotieren der durchs Objektiv erzeugten Bilder. Besser, weil gleichzeitig einen Einblick in die Grösse der Fehlerwirkung gebend und keine Unsichtbarmachung des Fadenkreuzes verlangend, ist es, zunächst, trotz etwa unrichtig eingesetzter Objektivlinse, das Fadenkreuz auf grosse Entfernung zu zentrieren (dafür zu sorgen, dass die

Spitze des beim Drehen des Fernrohrs um seine Längsachse durch die Ziellinie erzeugten Kegels mit dem fernen Punkt zusammenfällt).

Die Verbesserung geschieht durch Verschieben des Diaphragmas mittels der Korrektionsschrauben f des Fadenkreuzes (Fig. 86, 97 und 98).

Zeigt sich dann bei Einstellung des Fadenkreuzes auf einen sehr nahen Punkt und Drehung des Fernrohrs um seine Längsachse keine messbare Abweichung (etwaige Abweichung, wenn nicht von schlechter Führung des Okularauszugs herrührend, s. S. 149, wäre nahezu gleich dem Grundkreisdurchmesser des von der Ziellinie beschriebenen Kegels), so ist die Objektivlinse genügend genau zentriert. Andernfalls ist der Kreuzfaden so zu stellen, dass die Ziellinie bei Drehung des Fernrohrs um seine Längsachse einen Zylinder erzeugt.

Wenn die Zeit zur vollkommenen Zentrierung mangelt, so genügt es, mittels der vertikal wirkenden Verbesserungsschrauben die etwaige, bei Drehung des Fernrohrs um seine Längsachse eintretende Vertikalbewegung des Fadenkreuzes wegzubringen.

Nummehr fällt die Ziellinie mit der Achse des Kreisringzylinders zusammen, oder ist ihr parallel. Ziellinie und Mantellinie sind daher parallel, vorausgesetzt, dass die Lagerringe gleich dick, d. h. überhaupt Teile einer Kreiszyylinderfläche sind.

Um letzteres zu untersuchen (was natürlich nur nach langen Zeiträumen wiederholt zu werden braucht), bringt man die auf den Lagerringen ruhende Wasserwage zum Einspielen und legt alsdann das Fernrohr (ohne die Libelle) vorsichtig um. Die in der ersten Lage wieder aufgesetzte Wasserwage muss nun wieder einspielen.

Ein etwaiger Ausschlag entspräche dem doppelten Unterschied der Ringdicken (also der vierfachen Divergenz zwischen Libellenachse und Ziellinie, denn die Libellenachse wurde durch Untersuchung (a) parallel gerichtet zur oberen Mantellinie des durch die Ringe bestimmten Kegels, die Ziellinie durch Untersuchung (b) zu seiner Achse). Auf diese Weise lässt sich eine Differenz in den Ringdicken konstatieren bis zu einer Genauigkeit von

$$d = \frac{1}{2} \times \frac{\frac{\varepsilon}{5} \cdot e}{\rho}$$

wo  $\varepsilon$  die Empfindlichkeit der Wasserwage,  $e$  die Entfernung der Ringe darstellt und wobei angenommen wird, es lasse sich ein Ausschlag von  $\frac{1}{5}$  Libellenintervall noch sicher konstatieren. Für  $\varepsilon = 15''$  und  $e = 15$  cm wird

$$d = \frac{3 \times 150}{2 \times 206265} \text{ mm} = 0,001 \text{ mm.}$$

Es zeigt sich aber auch, wie leicht durch unsanfte Behandlung, namentlich beim Transport, Unebenheiten an den Lagerringen entstehen können, die einen Ausschlag der Luftblase um einen und mehrere Teilstriche erzeugen.

Lässt man eine Divergenz zwischen Ziellinie und Libellenachse zu, die auf 100 m Ziellänge eine Abweichung von der Horizontalen um 1 mm verursacht, so dürfen die Dicken der Lagerringe einen Unterschied von

$$d = 2 \times \frac{0,001}{100} \times 150 \text{ mm} = 0,003 \text{ mm}$$

aufweisen, d. h. die Luftblase darf, auf das umgelegte Fernrohr aufgesetzt, bei einer Libellenempfindlichkeit von 15", um ca. 1 Teilstrich ausschlagen, ohne dass deshalb die vorgeführte Berichtigungsmethode verlassen werden müsste.

Beträgt der Ausschlag mehr als einen Teilstrich, so sind entweder die Lagerringe vom Mechaniker zu berichtigen, oder das Instrument ist als festes zu behandeln. Letzteres kann auch geschehen, wenn die (meist nicht justierbare) Objektivlinse merkbar unrichtig zentriert ist.

2) Libellenachse  $\perp$  Vertikalachse. Die Untersuchung erfolgt genau wie beim einfachen Nivellierinstrument (s. S. 146/147). Ein etwaiger Ausschlag der Luftblase darf aber nicht wie dort an der Wasserwage berichtigt werden, weil sonst die soeben erfolgte Justierung gestört würde. Vielmehr wird hier der vertikale Teil

Erste  
Bequem-  
lichkeits-  
forderung.

Fig. 108.

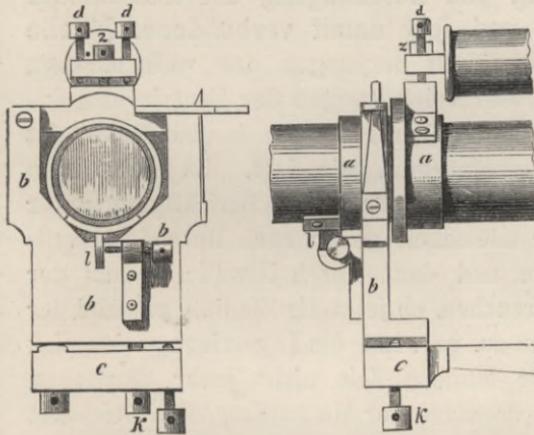
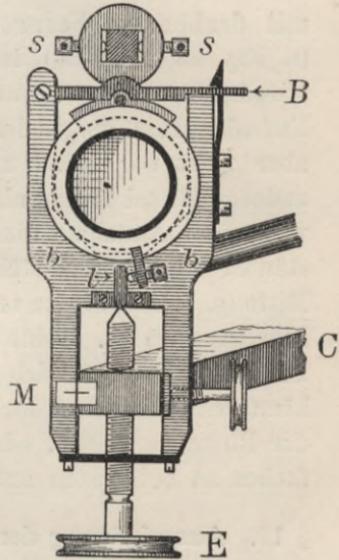


Fig. 109.



eines der Fernrohrträger samt Fernrohr und Libelle mittels der Korrektionschrauben k (s. Fig. 108) bis zur Berichtigung des halben Ausschlags gehoben oder gesenkt, oder das Lager des Fernrohrs durch veränderte Stellung seiner beiden, durch Spaltung entstandenen federnden Teile verändert (s. Fig. 98). Zur Entfernung der zurückbleibenden anderen Hälfte des Ausschlags dienen die Stellschrauben des Instruments.

Bei Instrumenten mit sehr empfindlichen Wasserwagen sind die Lagerkorrektionschrauben k meist durch eine Elevationsschraube E ersetzt (s. Fig. 97 und 109), auf deren Kopfende das Fernrohrlager ruht und die (vergl. S. 131) gleichzeitig das genaue und bequeme Einspielenlassen der Wasserwage vor jeder Ablesung ermöglicht. Die Normalstellung, in welcher die Libellenachse  $\perp$  zur Vertikalachse ist, wird durch Marken M (s. Fig. 109) am Träger b und an der Stirnfläche des horizontalen Balkens c bezeichnet. Auch derartige Instrumente müssen übrigens auf jedem Standpunkt allgemein horizontal gestellt werden, zumal da, abgesehen vom Zeitaufwand, die ausgiebige Benützung der Elevationsschraube die Zielhöhe merklich ändern würde. Zu diesem Zweck ist

auf jedem neuen Standpunkt zuerst die Elevationsschraube so zu stellen, dass die Marken M miteinander übereinstimmen.

Zweite  
Bequem-  
lichkeits-  
forderung.

3) Horizontalfaden in der Bewegungsebene der Ziel-  
linie. Die Untersuchung erfolgt genau wie beim einfachen Nivellier-  
instrument (s. S. 147). Zum Zweck der Berichtigung ist es aber  
nicht notwendig, den Okularkopf anzufassen und zu drehen, weil  
sich das ganze Fernrohr in den Lagern um seine Längsachse  
drehen lässt. Ein am Fernrohr befestigtes, verstellbares Anschlag-  
schraubchen stösst gegen ein mit dem Träger verbundenes Läppchen 1  
und wird so gerichtet, dass beide sich berühren, sobald Anforderung 3  
erfüllt ist (s. Fig. 108 und 109).

III. Die Untersuchung und Berichtigung der Instrumente  
mit drehbarem Fernrohr und fest damit verbundener Libelle  
(s. Fig. 98 und 108) ist identisch derjenigen des vollkommenen  
Nivellierinstrumentes. Auch hier spielt (wegen der Zentrierung des  
Fadenkreuzes) die Gleichheit der Fernrohrringe a eine Rolle, ist  
aber nicht so einfach zu konstatieren, wie dort. Es bleibt kein  
anderes Mittel übrig, als die Untersuchung und Berichtigung unter  
vorläufiger Annahme dieser Gleichheit genau nach Methode II voll-  
ständig zu Ende zu führen und dann durch Nivellieren aus der  
Mitte (s. S. 147/149 zu untersuchen, ob jetzt die Ziellinie parallel der  
Libellenachse ist. Trifft dies zu, so sind die Lagerringe gleich dick  
und man braucht sich für längere Zeit nicht mehr darum zu  
kümmern; stimmt es nicht, so muss der Mechaniker die Gleichheit  
der Ringe herstellen, oder das Instrument ist nach S. 150 als ein-  
faches zu betrachten und zu behandeln.

#### § 19. Ausarbeitung der Höhenaufnahmen. Geländedarstellung.

Die Geländedarstellung durch Relief, Bergschraffierung oder  
Schummerung (Pinselmanier) ist technisch fast bedeutungslos und  
soll daher hier übergangen werden. Dagegen sind folgende Dar-  
stellungsmethoden technisch wichtig:

**A. Durch Profile.** Um nicht allzu unhandliche Pläne zu be-  
kommen, wird das Längenprofil in der Regel verzerrt aufge-  
tragen, und zwar die Längen in kleinerem Massstab, als die für  
die technische Verwendung ungleich wichtigeren Höhen. (Verzerrung  
etwa zehnfach.) Massabnahmen aus der Längenprofilzeichnung sind  
also nur in horizontaler und in vertikaler, niemals aber in schiefer  
Richtung möglich.

Der zur horizontalen Darstellung des Linienzugs dienende  
Lageplan steht in enger Beziehung zur Längendarstellung im Profil,

— sowohl nach der Hauptrichtung des Zugs als nach Massstabsverhältnis (1 : 500 bis 1 : 10000) müssen beide übereinstimmen. Die Numerierung (Kilometrierung) geht im Profil wie im Lageplan stets von links nach rechts, bei Wasserläufen überdies in der Richtung der letzteren (s. auch § 17 S. 136). Die Höhen werden nicht ihrem ganzen Betrag nach aufgetragen, vielmehr stellt eine zum untern Blattrand gezogene Parallele (Horizont) die Schnittlinie einer zur Meeresfläche konzentrischen Kugel von rundem Abstand mit dem abgewickelten und zu zeichnenden Zylinder (Profil) dar. Von ihr, oder bei starken Höhenunterschieden nötigenfalls von weiteren in rundem Abstand gezogenen Parallelen aus werden die Differenzen zwischen Punkt- und Horizonthöhe aufgetragen. Massstab 1 : 50 bis 1 : 500, meist 1 : 100.

Massstab  
und Orientierung des  
Längen-  
profils.

Die Geländelinie, die Ordinaten und Horizonte, sowie die Längen- und Höhenzahlen für die zugehörigen Punkte werden schwarz, die Wasserlinien blau, die Linien des projektierten Bauwesens samt zugehörigen Ordinaten, Längen- und Höhenzahlen rot, (Wasserstände blau gebändert), eingetragen.

Zeichnung.

Zur besseren Übersicht werden die die Auffüllung darstellenden Flächen rot, die Einschnittflächen gelb und die unterhalb beider liegenden, beim Einschnitt durch die rote, bei der Auffüllung durch die schwarze Linie begrenzte alte bzw. verbleibende Fläche mit einem Sepiastreifen koloriert. Bei grösseren Projekten werden die Krümmungsverhältnisse der neuen Linie unterhalb des Horizontes schematisch angedeutet (s. Fig. 110). Wichtige Punkte, die Gefällsverhältnisse und Gefällbrüche der neuen Trace werden besonders hervorgehoben. Massstab, Über- und Unterschrift dürfen natürlich nicht fehlen.

Die Querprofile werden unverzerrt im Massstab der Höhen des Längenprofils direkt aus der Feldaufnahme gezeichnet und bezüglich der Farben etc. ähnlich behandelt wie das Längenprofil. Sollen sie zum Entwurf kleiner Bauwerke (Durchlässe etc.), sowie zur graphischen Ermittlung der Querschnittsflächen für die Berechnung der zu bewegenden Erdmassen dienen, so können aus der möglichst genau und in genügend grossem Massstab aufzutragenden Zeichnung die Masszahlen weggelassen werden.

Querprofil.

Unterhalb der Darstellung des alten und des neuen Bestandes wird eine Horizontlinie auf eine runde Höhenzahl eingezogen, deren Lage sich aus der im Längenprofil eingetragenen Höhe für den Achspflöck ergibt und die womöglich einer der Horizontlinien des Längenprofils entspricht. Die auf einem Blatt aufgetragenen Querprofilzeichnungen werden so übereinander angeordnet, dass die





Achspunkte in einer Vertikalen liegen. Über jedes Profil wird in deutlicher Schrift dessen Nummer gesetzt.

Handelt es sich um die Darstellung der Geländeform von nach beiderlei Richtung ausgedehnten Gebieten und nicht bloss schmaler Streifen, so kann an Stelle der Profilzeichnung treten:

Darstellung  
für die  
Planierung  
nahezu  
horizontaler  
Flächen.

**B. Der Einschrieb der Höhen für die Eckpunkte eines engmaschigen Quadratnetzes** (s. auch S. 144). Diese Darstellungsmethode liefert zwar kein anschauliches Bild der Höhen- und Gefällsverhältnisse des Geländes, empfiehlt sich aber zum Projektieren und Abrechnen von Planierungsarbeiten auf nahezu horizontalen Flächen (Wiesengrund, Spiel-, Sport- und Exerzierplätzen etc.). Bei 10 m Maschenweite entspricht jedem cm mittlerer Auf- oder Abtragshöhe der 4 Kanten 1 cbm Erdmasse.

Bei unregelmässiger, stark geneigter Geländeform und für die Projektierung von Strassen, Wasserläufen etc. viel geeigneter ist aber die Darstellung:

Erklärung.

**C. Durch Horizontalkurven** (Schichtenlinien). Denkt man sich das Gelände bis zu einer gewissen Höhe unter Wasser gesetzt, so wird eine geschlossene, horizontale Grenzlinie zwischen Wasser und Land (Uferlinie) entstehen (vergl. z. B. die Grenzen der Kontinente), deren Form von derjenigen des Geländes abhängt und die man nach §§ 5—7 aufnehmen und in einen Plan einzeichnen könnte. Diese Grenzlinie heisst „Horizontalkurve“ oder „Schichtenlinie“.

Lässt man die Wasserhöhe um einen gewissen Betrag steigen, so wird eine andere, ebenfalls geschlossene Linie — Horizontalkurve — die Grenze zwischen Wasser und Land bilden, deren Horizontalprojektion (abgesehen vom seltenen Fall überhängender Felsen) ganz innerhalb der soeben aufgenommenen Kurve verläuft und wie diese aufgenommen und in den Plan eingezeichnet werden kann. Ganz ebenso verhält es sich mit einer dritten, vierten etc. Schichtenlinie. Die Übersichtlichkeit über die Geländeform gewinnt wesentlich, wenn der Vertikalabstand der betrachteten Wasseroberflächen gleich gross gewählt wird. Aus dem wechselnden Abstand der gezeichneten Horizontalprojektionen der Kurven kann man auf die Geländeneigung zwischen ihnen (je enger beieinander, um so steiler das Gelände, nimmt der Horizontalabstand der Kurven nach oben ab, so ist die Geländebildung konkav, andernfalls konvex), aus ihrer Form — Ecken, Ausbauchungen, Einschnürungen — auf die Geländeform — Felsen, Bergrücken, Schluchten, Wasserscheiden — schliessen (s. Fig. 111).

Je kleiner der Vertikalabstand der einzelnen Schichtenlinien gewählt wird, um so schärfer kommen die speziellen Geländeformen

zum Ausdruck, um so grösser ist aber der Arbeitsaufwand für die Feldaufnahme (mehr Punkte) und Planzeichnung und der Einfluss kleiner, unbedeutender Formstörungen auf das Gesamtbild. Bei nahezu horizontalem Gelände und beabsichtigter Verwendung des Plans zu speziellen Projekten (Wiesenwässerung, Geländeumbau etc.) wählt man den Vertikalabstand der Schichtenlinien zu wenigen dm, für generelle Projekte in Hügellandschaften genügen Vertikalabstände von 5 bis 10 m, zur übersichtlichen Darstellung gebirgiger Landstriche in kleinem Massstab geht man bis auf 100 m Vertikalabstand der einzelnen Schichtenlinien.

Vertikal-  
abstand der  
Schichten-  
linien.

### Ermittlung der Schichtenlinien.

Die Schichtenlinien können natürlich nicht auf dem Weg der Überflutung erlangt werden. Wir haben dafür zwei Verfahren, nämlich:

1) Die direkte Absteckung auf dem Felde: Nach Ausführung eines Festpunktnivellements, das die Höhe verschiedener im Gebiet liegender Festpunkte liefert, wird von irgend einem derselben ausgehend die Zielhöhe des einige Meter über der gesuchten Linie aufzustellenden Instruments bestimmt. Alsdann wird die vertikal gehaltene Nivellierlatte auf verschiedenen Geländepunkten so eingewiesen, dass horizontale Zielung immer eine Ablesung ergibt gleich der Differenz zwischen Zielhöhe und Sollhöhe der gewünschten Schichtenlinie. Die gefundenen Lattenstandpunkte werden mit Nummernpflockchen versichert und diese später nach §§ 5—7 horizontal aufgenommen und gezeichnet. Von Zeit zu Zeit wird die Richtigkeit der Einwägung an Höhenfestpunkten erprobt.

Absteckung  
der  
Schichten-  
linien auf  
dem Feld.

Diese Methode liefert die gesuchte Linie mit relativ grosser Sicherheit, sie erfordert aber viel Zeit und lässt alle zwischen die Kurven fallenden, für die Geländeform u. U. sehr bezeichnenden Punkte unbeachtet. Der direkten Absteckung ist daher in den meisten Fällen vorzuziehen:

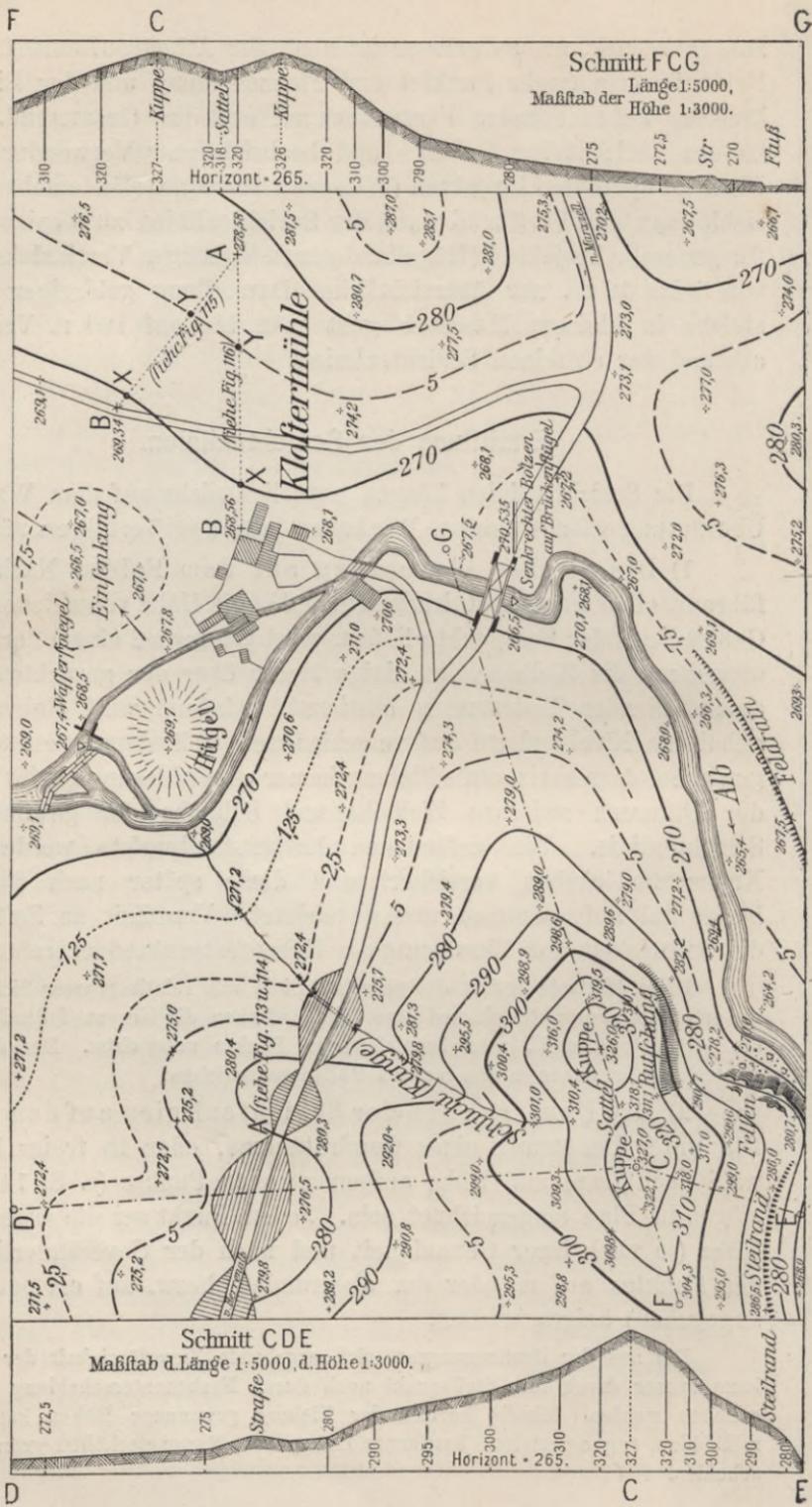
2) Die Konstruktion der Schichtenlinien auf dem Plan. Die unter Benützung eines Quadratnetzes, oder in freier Punktwahl nach Lage und Höhe aufgenommenen Punkte (s. S. 144/145) mögen im Plan eingezeichnet sein. Jedem Punkt sei die zugehörige Höhe (je nach ihrer Genauigkeit und nach der Unveränderlichkeit des Punktes auf m oder dm abgerundet, bezw. auf cm oder mm angegeben) beigeschrieben.

Konstruk-  
tion der  
Schichten-  
linien auf  
dem Plan.

Die aus der Bestimmungsart sich ergebende Zuverlässigkeit der Höhen kann ausser durch ihre Stellenzahl noch durch Farbenunterscheidung hervorgerufen werden. Mittels horizontaler Zielung gewonnene Höhen kann man z. B. blau, trigonometrisch bestimmte Höhen rot, Barometerhöhen grün unterscheiden.

Fig. 112.

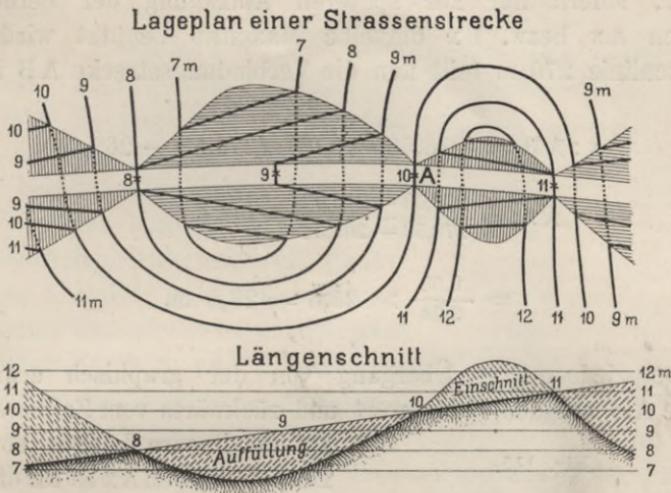
# Darstellung einer Geländeform durch Höhenkurven.



Maßstab 1:5000.

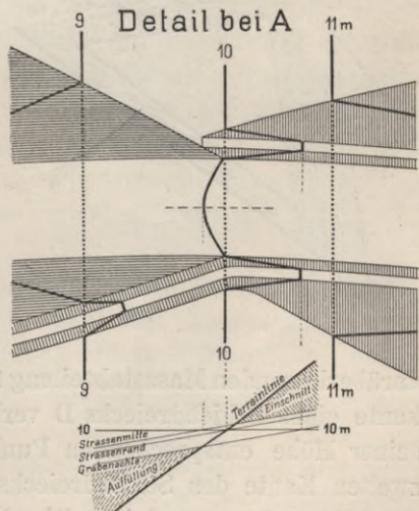
Etwaige Störungen in der normalen Geländeform (Felsen, Steinbrüche, Raine, Böschungen etc.) seien ebenfalls sorgfältig eingetragen.

Fig. 113.



Nun erfolgt die Konstruktion der Horizontalprojektion von Punkten der gesuchten Schichtenlinien durch proportionale Einschaltung zwischen je zwei aufgenommene Bodenpunkte, deren einer über, der andere unter diesen Linien liegt. Sie stützt sich auf die (allerdings nirgends absolut genau zutreffende) Voraussetzung, die gerade Verbindungslinie zweier benachbarten Aufnahmepunkte A und B oder C und E etc. (s. Fig. 112) falle ihrer ganzen Länge nach mit dem Gelände zusammen und es seien daher Höhendifferenzen und Horizontalentfernungen einander proportional. Auf diese Voraussetzung ist bei der Punktauswahl auf dem Felde und bei der Führung des Feldbuchs gebührende Rücksicht zu nehmen.

Fig. 114.



Die proportionale Einschaltung der Zwischenpunkte auf die vorgesehene Schichtenhöhe kann

Proportio-  
nale Ein-  
rechnung.

1) Mittels des Rechenschiebers erfolgen. Es habe z. B. der Punkt A der Fig. 112 die Höhe 278,58 m, Punkt B die Höhe 269,34 m, die Horizontalentfernung ergebe sich aus dem Plan zu 25,6 m. (Letztere Entfernung kann in einem beliebigen Massstab abgegriffen werden, sofern nur zur späteren Abtragung der berechneten Strecken Ax bzw. Bx derselbe Massstab benützt wird.) Die Schichtenlinie 270 m teilt nun die Verbindungsstrecke AB im Verhältnis

$$Ax : AB = (278,58 - 270) : (278,58 - 269,34)$$

$$Ax = \frac{278,58 - 270,0}{278,58 - 269,34} \times 25,6$$

$$= \frac{8,58}{9,24} \times 25,6 = 23,8 \text{ m.}$$

Der jedesmalige Übergang von der graphisch ermittelten Strecke AB auf den Zahlenwert und rückwärts vom Zahlenwert Ax auf die lineare Länge, sowie die Berechnung von Ax ist für oftmalige Anwendung sehr zeitraubend.

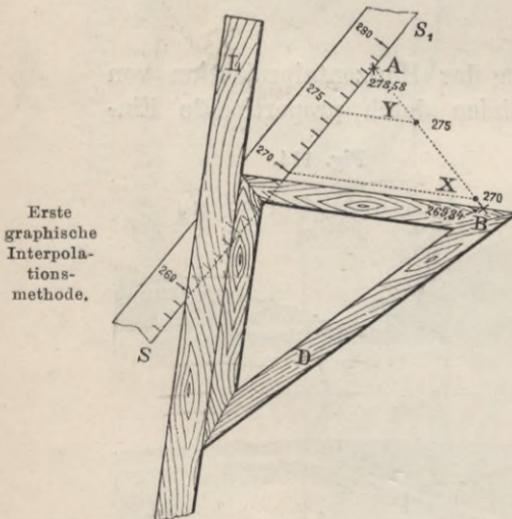
Zweckmässiger ist daher eine der graphischen Methoden, von denen nur die folgenden hier angeführt sein mögen:

2) Ein Papierstreifen mit gerader Kante SS<sub>1</sub> wird in beliebige, aber gleiche Teile geteilt, deren Bezifferung die auf dem fraglichen Gebiet vorkommenden Höhenzahlen umfasst.

Er wird nun so auf den Plan gelegt, dass die Höhe des einen Endpunkts A der zu teilenden Strecke mit der Bezifferung der

darüberliegenden Massstabeilung übereinstimmt. Mittels der Zeichenkante eines Schiebendreiecks D verbindet man den Punkt B mit dem seiner Höhe entsprechenden Punkt des Papierstreifens. An einer zweiten Kante des Schiebendreiecks wird sodann ein Lineal L so angeschoben, dass es gleichzeitig den Papierstreifen festhält, und es erfolgt die Bestimmung der gesuchten Punkte X und Y mit den Höhen 270 m und 275 m durch Parallelabschieben des Schiebendreiecks, s. Fig. 115.

Fig. 115.



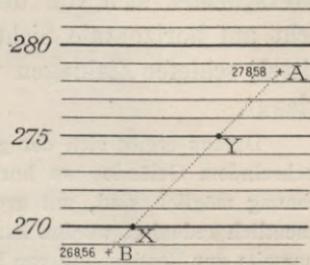
Erste  
graphische  
Interpolations-  
methode.

Zur genauen Konstruktion sollte die Zeichenkante des Schiebdreiecks möglichst senkrecht auf den Richtungen des Papierstreifens und der Strecke AB stehen. Um dies bei stark wechselnden Gefällsverhältnissen möglich zu machen, gibt man der Teilung des Papierstreifens verschiedenfarbige Bezifferungen und zwar so, dass ein Teilungsintervall das einmal der Einheit, das andermal der halben Einheit etc. entspricht.

3) Auf Pausleinwand ziehe eine Anzahl von Parallelen in beliebigem, aber gleichem Abstand, die ebenso wie die vorhin verwendete Teilung eine Bezifferung tragen, welche die Höhenzahlen des jeweils bearbeiteten Gebiets umfasst. Diese Parallelen lege so auf den Plan, dass Parallelenbezifferung und Punkthöhe von A und B je übereinstimmen. Mittels einer Punktirnadel werden jetzt längs einer durch A und B gehenden Linealkante die gesuchten Punkte X und Y als Schnittpunkte mit den entsprechend bezifferten Parallelen durchgestochen (siehe Fig. 116).

Zweite  
graphische  
Interpolations-  
methode.

Fig. 116.



Auch hier sollte die Strecke AB von den Parallelen möglichst senkrecht geschnitten werden, was wie vorhin durch mehrfache Bezifferung mit wechselnder Einheit erreicht wird.

Die Verbindung der konstruierten Punkte gleicher Höhe durch eine stetige Kurve ergibt die gesuchte Schichtenlinie, wobei noch zu beachten ist, dass die Kurven beim Anschnitt künstlicher (Strassen- und Eisenbahn-) Böschungen im natürlichen Gelände Ecken (s. Fig. 112) zeigen, während auf letzterem selbst (abgesehen von Felsgräten) nur Linien von wechselnder, aber stetiger Krümmung möglich sind. Bauten irgendwelcher Art können die ursprünglich vorhandene stetige Horizontalkurve selbstverständlich nur auf die räumliche Ausdehnung des Baues verändern (Beispiel s. Fig. 112 bis 114).

Die Schichtenlinien werden schliesslich mit einer wenig hervortretenden Farbe (gelb, Mennige, Siena) fein ausgezogen, wobei ganze Zehner, Hunderter etc. (etwa durch Strichelung) unterschieden werden. Zu jeder Kurve schreibt man die zugehörige Höhenzahl in der Farbe der Linie.

Die richtige Lage der Schichtenlinien ist selbstverständlich sehr davon beeinflusst, inwieweit die Voraussetzung der Übereinstimmung zwischen Gelände und gerader Verbindungslinie der aufgenommenen Punkte der Wirklichkeit entspricht. Etwaige unberücksichtigt gebliebene Wölbungen werden die konstruierte Linie in horizontalem Sinn um so mehr verschieben, je weniger geneigt das Gelände ist. Verlangt kann mindestens werden, dass an keiner Stelle die Kurve von ihrer wahren Lage um soviel abweiche, dass sie die Stelle einnimmt, die

der nächstfolgenden gebührt. Hieraus geht hervor, dass das Netz aufgenommener Punkte um so engmaschiger sein muss, je kleiner der Vertikalabstand der Schichtenlinien werden soll.

## Kapitel VI.

### Die trigonometrische Höhenbestimmung

**Erklärung.** unterscheidet sich von der geometrischen dadurch, dass sie sich nicht auf horizontale Sichten beschränkt, sondern Höhendifferenzen mittels schiefer Zielungen von beliebiger, zu bestimmender Neigung erlangt.

**Vorzüge und Nachteile gegenüber der geometr. Einwägung.** Daraus ergibt sich der grosse Vorteil, dass auch in stark geneigtem oder wechselndem Gelände, wo horizontale Sichten nur in sehr beschränkter Ausdehnung möglich sind, mit grossen Zielweiten gearbeitet und der Zeitaufwand wesentlich reduziert werden kann. Es ergibt sich aber auch der Nachteil, dass einerseits zur Bestimmung von Höhendifferenzen im Gegensatz zur geometrischen Einwägung neben der Zielneigung noch die Entfernung des Zielpunktes vom Instrument bestimmt werden muss und dass andererseits die Genauigkeit der ermittelten Höhendifferenzen von mehr und teilweise schwieriger zu erlangenden Bestimmungsstücken abhängt, als bei horizontaler Zielung.

**Fehlerquellen.** Zunächst wird natürlich ein etwaiger Fehler in der Länge der Zielung einen solchen in der Höhendifferenz erzeugen, doch ist diese Fehlerquelle bei geringer Neigung der Ziellinie nicht von bedeutendem Einfluss. Je stärker aber die Neigung der Ziellinie ist, um so genauer muss die Horizontalentfernung des Zielpunktes vom Instrumentenstand ermittelt werden, (eine Längendifferenz von 1 dm ergibt

bei 1° Neigung einen Höhenfehler von	2 mm,
„ 10° „ „ „	18 mm,
„ 20° „ „ „	36 mm).

Bedeutenderen Einfluss auf die Genauigkeit der Höhenbestimmung als die Entfernungs- hat aber die Neigungsermittlung. Erfolgt diese (wie in der Regel) mittels Winkelmessung an einem mit der Kippachse des Theodoliten (s. S. 112/113) verbundenen Höhenkreis, so ist infolge Mangels der beim Horizontalkreis vorhandenen Repetitions- und anderer Verfeinerungseinrichtungen ein Fehler am Höhenwinkel von 1' und mehr mit Sicherheit zu erwarten. Dieser Fehler übersteigt die aus etwa mangelhaftem Einspielen der Wasserwage herrührende Unsicherheit der horizontalen Ziellinie beim geometrischen Einwägen bedeutend, da es sich dort nur um Bruchteile der Libellenempfindlichkeit handelt (s. S. 134). Ein Winkelfehler von 1' verursacht z. B.

bei 100 m Ziellänge einen Höhenfehler von	29 mm,
„ 500 m „ „ „	146 mm,
„ 1000 m „ „ „	291 mm.

Schliesslich kommt als weitere Fehlerquelle der trigonometrischen Höhenbestimmung, die allerdings weniger mit der Bestimmungsart, als damit zusammenhängt, dass eben die schiefe Zielung sehr lange Zielweiten ermöglicht, die

veränderliche Brechung des Lichtstrahls (Refraktion) beim Durchgang durch verschieden dichte Luftschichten hinzu.

Die Messung des Vertikalwinkels bei der trigonometrischen Höhenbestimmung geht, gerade wie die geometrische Höhenbestimmung, vom scheinbaren Horizont aus. Es werden deshalb infolge der Erdkrümmung und Refraktion alle Tiefenwinkel (von der Horizontalen abwärts) zu gross, alle Höhenwinkel (von der Horizontalen aufwärts) zu klein, in beiden Fällen also die Höhen zu nieder erhalten um den Betrag (s. S. 134):

$$d = \frac{a^2}{2r}$$

Hiernach ergibt sich für die Ziellänge

a = 200 m	der Zielpunkt zu nieder um	d = 0.003 m
400 " "	" " " "	0.013 "
600 " "	" " " "	0.029 "
800 " "	" " " "	0.050 "
1000 " "	" " " "	0.079 "
5000 " "	" " " "	1.962 "

Der Lichtstrahl vom angezielten Gegenstand zum Instrument pflanzt sich ferner nur dann geradlinig fort, wenn die Dichtigkeit der durchteilten Luftteilchen gleich gross ist. Dies wird im allgemeinen nicht zutreffen, vielmehr wird die Luftdichtigkeit infolge der Schwere nach oben abnehmen, was nach den Gesetzen der Lichtbrechung eine (von unten gesehen) konkave Lichtkurve bedingt. Das Auge erhält demgemäss (gleichgültig, ob aufwärts oder abwärts gezielt wird), den Lichteindruck, wie wenn der Strahl von einem höher gelegenen Punkt ausginge, d. h. die Refraktion lässt im allgemeinen die Höhen der angezielten Punkte zu gross erscheinen. Sie reduziert den Erdkrümmungseinfluss um ca.  $\frac{1}{7}$  desselben. Wegen der Veränderlichkeit der Luftdichtigkeit ist auch die Strahlenkrümmung veränderlich und von schwer zu bestimmenden Ursachen abhängig. Sie bringt ein weiteres Moment der Unsicherheit in die Höhenbestimmung mit langen Strahlen herein. Um diese Unsicherheit zu reduzieren, verzichtet man bei der Bestimmung von Höhenunterschieden auf Strahlen, die die Länge von einigen Kilometern übersteigen und sucht das Instrument überdies möglichst in der Mitte zwischen den in Betracht kommenden Punkten aufzustellen. Die Höhe des Standpunkts braucht dabei nicht bekannt zu sein.

Habe der Standpunkt die Höhe  $H_S$  und soll die Höhendifferenz der Punkte A und B ermittelt werden, so erhält man auf Grund der hier nicht zu entwickelnden Höhenformel

$$H_A = H_S + i + d_A \operatorname{tg} \alpha_A + \frac{d_A^2}{2r} (1 - 2k) + \frac{d_A^2}{r} \operatorname{tg}^2 \alpha_A (1 - k) - z_A$$

$$H_B = H_S + i + d_B \operatorname{tg} \alpha_B + \frac{d_B^2}{2r} (1 - 2k) + \frac{d_B^2}{r} \operatorname{tg}^2 \alpha_B (1 - k) - z_B$$

$$\text{also } H_B - H_A = (d_B \operatorname{tg} \alpha_B - d_A \operatorname{tg} \alpha_A) + \frac{(d_B^2 - d_A^2)}{2r} \frac{1 - 2k}{2r} + (d_B^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_B - d_A^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_A) \frac{1 - k}{r} + (z_A - z_B)$$

wobei  $i$  die Höhe der Kippachse über dem Boden,  $z$  die Lattenablesung,  $d$  die Horizontalentfernung,  $\alpha$  den Vertikalwinkel,  $2k$  den Refraktionskoeffizienten (im Mittel 0,13) und  $r$  den Erdradius vorstellt. Je weniger sich die Längen  $d_B$  und  $d_A$

von einander unterscheiden, um so weniger kommt Erdkrümmung und Refraktion überhaupt, um so weniger also auch ihre Unsicherheit zur Wirkung. Der dritte Summand kann in den meisten Fällen vernachlässigt werden, weil bei langen Zielungen der Wert von  $\operatorname{tg} \alpha$  und noch viel mehr der von  $\operatorname{tg}^2 \alpha$  sich dem Betrag 0 nähert.

Nach dem Ausgeführten ist für jeden einzelnen Fall zu erwägen, ob die mittels trigonometrischer Höhenmessung zu erreichende Genauigkeit für den betreffenden Zweck genügt, oder ob die genauere, aber schwerfälligere Einwägung mit kurzen horizontalen Zielungen anzuwenden ist.

### § 20. Messung von Höhenwinkeln. Profile aus geneigten Zielungen.

Instrument.

Die Neigung der Ziellinie gegen die Horizontale ergibt sich am bequemsten durch Messung des „Höhenwinkels“ am Vertikalkreis des Theodoliten (s. S. 112/113). (Auf andere, weniger gebräuchliche Hilfsmittel — Stampfersche Schraube etc. — soll hier nicht eingegangen werden.) Von den zwei gebräuchlichen Methoden der Höhenwinkelmessung am Vertikalkreis möge hier die folgende angeführt sein, welche das Vorhandensein einer Nivellierlibelle auf dem Fernrohr voraussetzt:

Messungs-  
methode.

Nach allgemeiner Horizontalstellung des Theodoliten auf dem Standpunkt A (Fig. 117) wird irgend ein Punkt der im Zielpunkt B aufgestellten Nivellierlatte angezielt und alsdann am Höhenkreis (womöglich an zwei Nonien) die Ablesung  $b$  gemacht. Bei unverändertem Instrumentenstand wird sodann das Fernrohr gekippt, bis die Nivellierlibelle einspielt, und nun wieder am Höhenkreis abgelesen. Ist die letztere Ablesung =  $a$ , so gibt der Betrag  $b - a$  den gewünschten Höhenwinkel  $\alpha$  der Ziellinie.

Ist die Kreisteilung, wie es zuweilen vorkommt, statt von 0 bis 4 R viermal von 0 bis R oder zweimal von 0 bis 2 R beziffert, so ist darauf zu achten, dass die beiden Werte  $b$  und  $a$  mit entsprechenden Vorzeichen eingeführt werden, dass also an Stelle von  $b - a$  dann  $b + a$  tritt, wenn beide Ablesestellen auf entgegengesetzten Seiten des Nullpunkts liegen. Erfolgt die Ablesung je an zwei Nonien, wodurch etwaige (beim Höhenkreis mit den vielfach verwendeten Klappnonien besonders zu befürchtende) Exzentrizitätsfehler zwischen Kippachse und Teilungsmittelpunkt unschädlich gemacht werden, so wird selbstverständlich  $\alpha$  als arithmetisches Mittel zwischen den beiden gewonnenen Werten ( $b - a$ ) eingeführt.

Bequem, aber nicht unbedingt erforderlich ist es, wenn bei horizontaler Zielung sich die Ablesung  $a = 0$  ergibt. Alsdann wird einfach  $\alpha = b$ . Auf die Herstellung dieser unwichtigen Forderung soll hier nicht eingegangen werden.

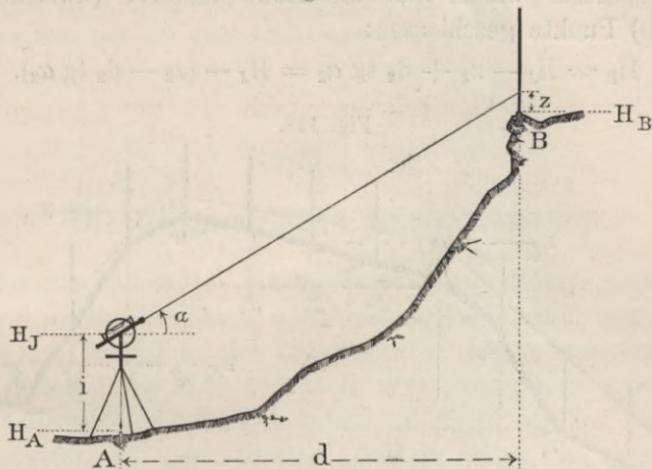
Anfor-  
derung ans  
Instrument.

Die wichtigste an das Instrument zu stellende Forderung für die Richtigkeit der nach dem vorgeführten Verfahren erhaltenen Höhenwinkel ist die:

Ziellinie = Achse der Nivellierlibelle.

Die Untersuchung erfolgt wie beim einfachen Nivellierinstrument durch Einwägen aus der Mitte (s. S. 148/149). Zur Richtigstellung können wie dort die Justierschrauben des Fadenkreuzes, oder auch diejenigen der Wasserwage verwendet werden.

Fig. 117.



Mit Hilfe des gemessenen Höhen- oder Tiefenwinkels  $\alpha$  ergibt sich (s. Fig. 117) unter Vernachlässigung von Erdkrümmung und Refraktion die Höhe des Punktes B:

Höhen-  
berechnung.

$$H_B = H_A + i + d \operatorname{tg} \alpha - z,$$

wobei  $d$  die Horizontalentfernung,  $i$  die Instrumentenhöhe und  $z$  die Ziellhöhe vorstellt. Höhenwinkel, z. B.  $\alpha_2$  (s. Fig. 118), sind dabei als positiv, Tiefenwinkel z. B.  $\alpha_1$  als negativ einzuführen.

(Instrumenten- und Ziellhöhe müssen, falls der Nullpunkt der Latten- teilung nicht mit dem Endpunkt des Lattenstollens übereinstimmt, mit derselben Latte gemessen werden! Für  $i = z$  wird  $H_B = H_A + d \operatorname{tg} \alpha$ .)

Die Messung der Instrumentenhöhe lässt sich übrigens bei der trigonometrischen Höhenbestimmung eben so gut wie bei der geometrischen Einwägung umgehen, sobald das Instrument nicht gerade auf demjenigen Punkt aufgestellt wird, dessen Höhe bekannt oder gesucht ist. Nur müssen (s. Einleitung) bei der trigonometrischen Höhenbestimmung immer die Ziellängen bekannt sein.

Messung mit  
Spring-  
ständen.

Überall da, wo Horizontalentfernungen ohnedies gemessen werden müssen, wechselndes steiles Gelände die Verwendung ausschliesslich horizontaler Zielungen bei der Aufnahme von Profilen erschwert und Fehler in den Punkthöhen von ca. 1 dm in den

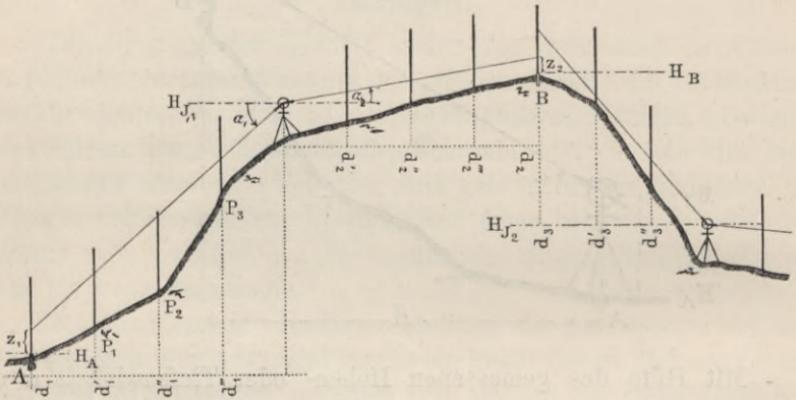
Kauf genommen werden können, ist die Höhenbestimmung mit schiefer Zielung im Vorteil gegenüber der geometrischen Einwägung. Wie dort wird auch hier aus der bekannten Höhe eines Festpunktes A (s. Fig. 118) auf die Höhe der Kippachse

$$\begin{aligned} H_J &= H_A + z_1 - d_1 \operatorname{tg} \alpha_1 \\ &= H_A + (z_1 - d_1 \operatorname{tg} \alpha_1) \end{aligned}$$

und von dieser wieder auf die Höhe anderer (Zwischen- und Wechsel-) Punkte geschlossen:

$$H_B = H_J - z_2 + d_2 \operatorname{tg} \alpha_2 = H_J - (z_2 - d_2 \operatorname{tg} \alpha_2).$$

Fig. 118.



Profile aus  
geneigten  
Zielungen.  
Feld-  
aufnahme.

Der Gang der Aufnahme von Profilen mit schiefer Zielung ist folgender:

- 1) Aufstellung des Theodoliten in der Profiltrichtung (im Gegensatz zur geometrischen Einwägung, bei der das Instrument im allgemeinen ausserhalb des Profils aufgestellt wird).
- 2) Messung des Höhenwinkels nach einem Punkt (z. B. Zieltafel) der Latte, welche auf dem ca. 100 m oder mehr entfernten Wechselpunkt A, B . . . aufgestellt ist, und Feststellung des Fernrohrs in dieser Richtung.
- 3) Ablesung an der auf den Zwischenpunkten  $P_1 P_2 \dots P_n$  vertikal aufgestellten Latte bei unverändertem Fernrohr, eventuell nach erfolgter Bezeichnung dieser Zwischenpunkte durch Pflöcke. Eventuell
- 4) Kontrolle, ob das Fadenkreuz die ursprüngliche Ablesestelle an der im Wechselpunkt wieder aufzuhaltenden Latte noch deckt.
- 5) Messung der Entfernungen  $d$  vom Instrument bis zu den Lattenpunkten  $P_1 P_2 \dots$
- 6) Berechnung der Höhen nach vorstehenden Formeln.

Ist, wie bei der Aufnahme von Querprofilen, nur die Zeichnung gewünscht und sind Höhenzahlen entbehrlich, so kann man auf deren Berechnung verzichten und von den in wirklicher Neigung (mittels der Tangententafel, s. S. 65) aufgetragenen Ziellinien die Ablesungen  $z$  nach abwärts abtragen.

Profil-  
zeichnung.

Auf die ausgedehntere Anwendung der trigonometrischen Höhenmessung und ihre Verbindung zu und Ausgleichung in Netzen, die ein ganzes Land überspannen (wie sie u. a. in Württemberg, in Ungarn und anderen Staaten ausgeführt wurden), soll hier nicht eingegangen werden.

## Kapitel VII.

### Die barometrische Höhenmessung

verwendet als Hilfsmittel zur Bestimmung von Höhen oder Höhendifferenzen keine Ziellinien oder materielle Gerade, sondern sie schliesst von der Stärke des Luftdrucks an einem bestimmten Erdort auf dessen Höhe über dem Meer oder über einem anderen Ort, dessen Luftdruck ebenfalls bekannt ist. Wie nämlich die Stärke des Wasserdrucks dem Gewicht der auf einer untergetauchten Fläche lastenden Wassersäule entspricht, so entspricht auch die Stärke des Luftdrucks an einem Erdort dem Gewicht der auf ihm lastenden Luftsäule. Dieses aber hängt ab von der Tiefe des Orts unter der Oberfläche des Luftmeeres und von dem (mit Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt, Höhe etc. veränderlichen) spezifischen Gewicht der Luft.

Stärke des  
Luftdrucks  
an einem  
Punkt der  
Erde ein  
Mass für  
dessen  
Höhe.

Beachtet man, dass das Meer der Luft in noch weit lebhafterer Bewegung sich befindet, als das des Wassers, und dass ihr geringeres spezifisches Gewicht die von wechselnder Höhe der Luftsäule hervorgerufene Druckdifferenz nur sehr wenig merkbar werden lässt, so erkennt man, dass die Bestimmung von Höhendifferenzen oder gar von absoluten Höhen aus der Stärke des Luftdrucks entfernt nicht die Zuverlässigkeit und Bedeutung besitzt, wie diejenige nach den bisher vorgeführten Methoden. Gleichwohl ist sie für einzelne, und sogar für technische Zwecke ganz wohl noch verwendbar und kann daher hier wenigstens nicht ganz übergangen werden.

#### § 21. Barometer. Barometrische Messung und Berechnung.

Zur Messung des Luftdrucks braucht man eine Wage, auf die einerseits das Gewicht der Luftsäule, andererseits ein uns bekanntes,

Instrument.

womöglich sich selbsttätig regulierendes Gewicht einwirkt. Diese Wage ist das „Barometer“. Es besteht aus einer luftleer gemachten Röhre R, die in ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäss G eintaucht. Die auf die Flüssigkeit drückende Luft hält der in die luftlere Röhre hineingepressten Flüssigkeitssäule S das Gleichgewicht; aus der veränderlichen Höhe der letzteren kann man auf die Stärke des Luftdrucks schliessen.

In Meereshöhe drückt die Luft auf jedes qdm Oberfläche normalerweise mit 100 kg (genauer 103,6 kg). Dieser Druck würde also in der luftleeren Röhre einer Wassersäule von 103,6 dm oder 10,36 m das Gleichgewicht halten. Eine derartig hohe Röhre wäre aber, so günstig die Ablesegenauigkeit und die Empfindlichkeit des Barometers davon beeinflusst würde, zu unhandlich. Man ersetzt daher das Wasser durch eine schwerere Flüssigkeit, das Quecksilber (dessen spezifisches Gewicht ungefähr = 13,6 ist), und heisst dieses Barometer darnach „Quecksilberbarometer“. Die Quecksilbersäule in der luftleeren Röhre hat in Meereshöhe nach dem vorhergehenden bei normalem Luftdruck eine Höhe von

$$\frac{10,36}{13,6} \text{ m} = \text{rund } 760 \text{ mm.}$$

Die geschilderte Form des Quecksilberbarometers, das „Gefässbarometer“ (s. Fig. 119), ist für den Transport und für die Benützung auf dem Feld sehr unbequem.

Man biegt daher die Röhre, statt sie in ein Gefäss einzutauchen, unten heberförmig um, „Heberbarometer“ (s. Fig. 120), und macht das umgebogene Stück genügend lang, so dass der Druck des in letzterem befindlichen Quecksilbers im Verein mit dem veränderlichen Druck der Luft dem im verschlossenen, oben luftleeren Röhrenarm wirkenden Quecksilberdruck die Wage hält. Die Höhe der vom Luftdruck gehaltenen Quecksilbersäule S ist dann gleich dem Vertikalabstand der beiden Quecksilberoberflächen und wird an einem Massstab abgelesen, dessen Nullpunkt in der Regel zwischen beiden liegt.

Noch bequemer für die Verwendung im Feld sind die „Federbarometer“ (Aneroide). Bei ihnen wird der Luftdruck gemessen mittels Federkraft. — Eine starke, luftleer gemachte Metallbüchse A (s. Fig. 121) wird durch die atmosphärische Luft zusammengepresst, so dass die Entfernung zwischen Deckel und Boden sich ändert mit veränderlichem Luftdruck. Diese lineare Änderung wird durch Übersetzung vergrössert und an einer Teilung gemessen, die derart gewählt ist, dass der Zeiger sich bei derjenigen Luftdruckänderung um einen Teilstrich fortbewegt, welche die Höhe der Quecksilber-

Quecksilberbarometer.

Federbarometer.

säule um 1 mm verändert hätte. Solche Federbarometer werden in verschiedenen Formen hergestellt, deren Einzelbetrachtung hier der Raum verbietet.

Die am häufigsten verwendete Form ist diejenige von Naudet, verbessert von Bohne. Die schematische Figur 121 zeigt einen

Fig. 119.

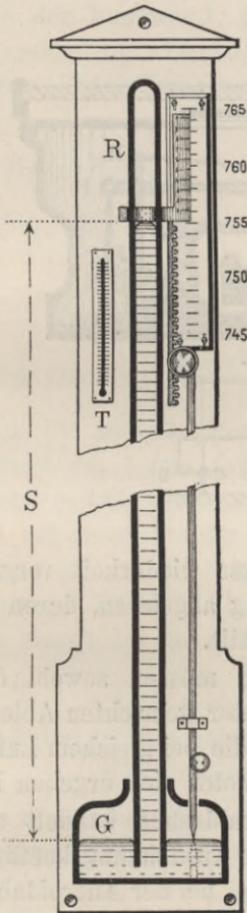
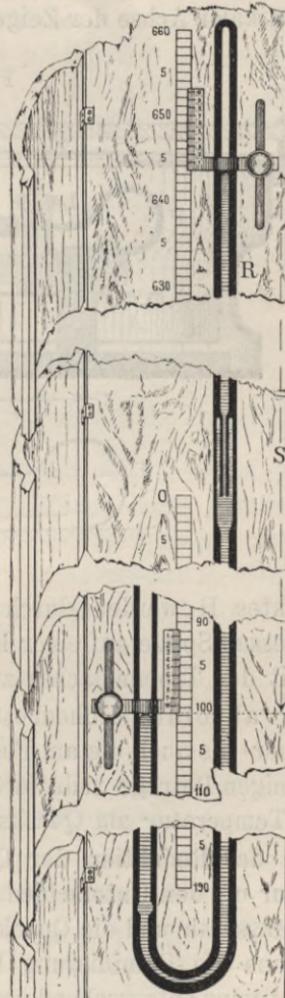


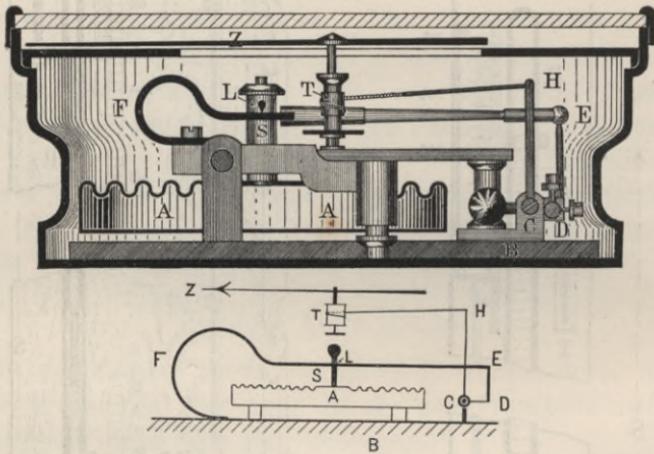
Fig. 120.



Vertikalschnitt durch die auf dem Boden B der Metallfassung befestigte luftleere Metallbüchse A, deren wellenförmiger Deckel den Ständer S trägt und ihm bei Veränderung des den Deckel nach unten belastenden Luftdrucks kleine vertikale Bewegungen erteilt. Die mit dem Boden verbundene, starke Feder F ist bestrebt, einen Ansatz des Ständers S nach oben zu drücken und es macht daher

der Auflagerpunkt L der Feder jede Vertikalbewegung des Ständers und des Büchsendeckels mit. Das Ende E dieser Feder steht in Verbindung mit einem Hebel DCH, der sich um den mit dem Boden verbundenen Gelenkpunkt C dreht und vermöge der ungleichen Arme DC und HC jede Bewegung der Büchse vergrößert nach H überträgt. Ein in H befestigtes feines Kettchen schlingt sich um die durch Federkraft festgehaltene dünne Trommel T, mit deren vertikaler Achse der Zeiger Z verbunden ist. Die Bewegungen

Fig. 121.



des Punktes H werden durch den Zeiger wiederholt vergrößert und an dessen Spitze auf einer Kreisteilung abgelesen, deren Mittelpunkt mit der Trommelachse zusammenfällt.

Reduktion  
der  
Barometer-  
ablesungen.

Für absolute Höhenbestimmungen müssen sowohl die am Quecksilber- als auch die am Federbarometer gemachten Ablesungen auf diejenigen Beträge reduziert werden, die bei gleichem Luftdruck aber 0° Temperatur am Quecksilberbarometer sich ergeben hätten.

Bei der Reduktion der Quecksilberablesung handelt es sich hierbei nur um den Unterschied der beiden Ausdehnungskoeffizienten für den Massstab und die Quecksilbersäule, bei der Aneroidablesung dagegen um die Eliminierung 1) von Temperatureinflüssen, 2) von etwa nicht ganz entsprechend gewählter Grösse der Teilungsintervalle und 3) von etwaiger unrichtiger Lage des Teilungsanfangs. Die Feststellung dieser für jedes einzelne Instrument verschiedenen Korrektionsgrössen, sowie die Bestimmung absoluter Höhen überhaupt, überschreitet jedoch den Rahmen vorliegenden Buchs.

Barometr.  
Höhen-  
bestimmung  
durch Inter-  
polation.

Dagegen lassen sich Höhenbestimmungen mit dem Barometer durch proportionale Einschaltung zwischen zwei ihrer Höhe nach

gegebenen Punkten ohne derartige Reduktionen wie folgt vornehmen: Auf geometrischem oder trigonometrischem Wege seien die Höhen  $H_A$  und  $H_B$  zweier Punkte A und B, deren einer im Tal, der andere auf einem Bergrücken liegen mag, bestimmt worden. Man wünscht die Höhen für einige weitere Punkte 1, 2 . . . am Bergabhang.

Zu diesem Zweck stellt man sich in A auf und macht auf dem Barometer die Ablesung  $b_A$ . Alsdann geht man der Reihe nach zu den Punkten 1, 2 . . . und schliesslich zu Punkt B und macht jeweils die Ablesungen  $b_1, b_2 \dots b_B$  auf dem in konstanter Höhe vom Boden gehaltenen Barometer. Man hat dann die Proportion:

$$(H_A - H_B) : (b_A - b_B) = (H_1 - H_A) : (b_1 - b_A) \text{ oder:}$$

$$H_1 - H_A = \frac{H_A - H_B}{b_A - b_B} (b_1 - b_A)$$

$$H_1 = H_A + \frac{H_A - H_B}{b_A - b_B} (b_1 - b_A).$$

Der Quotient  $\frac{H_A - H_B}{b_A - b_B}$  heisst „barometrische Höhenstufe“ und zeigt an, um wieviele Meter man steigen muss, damit der Barometerstand um 1 mm falle. Diese barometrische Höhenstufe ist veränderlich und hängt ab u. a. vom Barometerstand selbst. Sie beträgt bei einem Luftdruck, wie er normalerweise in 3000 m Höhe vorhanden ist, rund 15 m, am Meer etwa 10 m, für das Mittelgebirge rund 11 m, d. h.: man muss im letzteren ungefähr 11 m steigen, damit der Barometerstand um 1 mm falle.

### Beispiel

barometrischer Höheneinschaltung während einer Eisenbahnfahrt (Ablesung im Eisenbahnwagen).

(Die angegebenen Höhen sind an den Bahnhofhöhenmarken abgelesen.)

Ort der Ablesung	Ablesung am kompensierten Bohneschen Aneroid	Gegebene Höhen	Zwischen Stuttgart und Eutingen interpolierte Höhen	Differenzen gegen den Sollbetrag
Stuttgart Hauptbahnhof .	737,1	251,5	251,5	—
Vaihingen a/F. . . . .	721,3	438,0	437,2	+ 0,8
Böblingen . . . . .	721,2	439,2	438,4	+ 0,8
Gärtringen . . . . .	719,7	457,9	456,0	+ 1,9
Herrenberg . . . . .	721,75	433,3	431,9	+ 1,4
Eutingen . . . . .	718,1	474,7	474,7	—

Aus-  
rechnung  
zu vor-  
stehendem  
Beispiel.

Zur Höheninterpolation zwischen Stuttgart und Eutingen rechnen wir die Barometerstufe mittels Rechenschiebers:

$$\frac{474,7 - 251,5}{718,1 - 737,1} = \frac{223,2}{-19,0} = -11,73.$$

Hiermit ergibt sich der Höhenunterschied zwischen

Stuttgart—Vaihingen =

$$(-11,73) \times (721,3 - 737,1) = (-11,73) \times (-15,8) = +185,7 \text{ m}$$

und ebenso

Vaihingen—Böblingen $(-11,73) \times (-0,1)$	= +	1,2
Böblingen—Gärtringen $(-11,73) \times (-1,5)$	+	17,6
Gärtringen—Herrenberg $(-11,73) \times (+2,25)$		-24,1 m
Herrenberg—Eutingen $(-11,73) \times (-3,65)$	+	42,8
	+	247,3
		-24,1
	+	223,2 m

Durch Addition dieser Höhendifferenzen je zur Höhe des vorhergehenden Punktes ergeben sich die in obigem Schema eingetragenen Höhen.

Die oben gezeigte Interpolationsmethode stützt sich auf die (nicht streng richtige) Annahme: etwaige allgemeine, von Witterungswechseln herrührende Luftdruck- und Temperaturänderungen vollziehen sich während der Beobachtungszeit stetig und gleichmässig, und die durch den Wechsel des Standorts bedingte Luftdruckdifferenz sei umgekehrt proportional dem Höhenunterschied. Die schädliche Wirkung jener nicht genau zutreffenden Annahmen lässt sich aber einschränken 1) durch Wahl eines gegen Temperaturänderungen möglichst kompensierten (z. B. Bohneschen) Instruments, 2) durch Vornahme der Feldaufnahme bei möglichst beständigem Wetter, 3) durch Einschränkung der Zeit, welche zum Gang von einem Festpunkt zum nächsten nötig ist (nicht zu weitmaschiges Netz von Höhenfestpunkten).

Das Instrument muss während des Marsches und der Ablesung vor direkten Sonnenstrahlen geschützt sein. Das Quecksilberbarometer ist zum Zwecke der Ablesung vertikal, das Federbarometer horizontal zu halten. Vor der Ablesung ist zur Aufhebung etwaiger Reibungswiderstände der Aneroiddeckel leicht zu klopfen.

Die Genauigkeit barometrischer Höhenbestimmung ist, wie schon S. 169 gezeigt, gegenüber den beiden anderen Methoden sehr gering. Der Fehler kann, namentlich bei grossen Höhenunterschieden, Beträge bis zu 10 m erreichen, hält sich aber im allgemeinen innerhalb der Grenze von  $\pm 2$  m.

### Dritter Abschnitt.

## Vermessungen für spezielle Bauzwecke.

### § 22. Linienabsteckung (krumme Linien und Linien bestimmter Neigung).

Die Absteckung von Geraden wurde, soweit sie in den Rahmen gegenwärtigen Buches gehört, schon in § 4 behandelt; es erübrigt noch, diejenige krummer Linien und von Linien bestimmter Neigung kennen zu lernen. Wir beschränken uns dabei in der Hauptsache auf die Absteckung von Bögen, die sich horizontal als Kreisbögen projizieren (Schraubenlinien), weil diese in der Praxis weitaus am häufigsten vorkommen. Nur die Übergangskurven mögen noch kurze Behandlung finden.

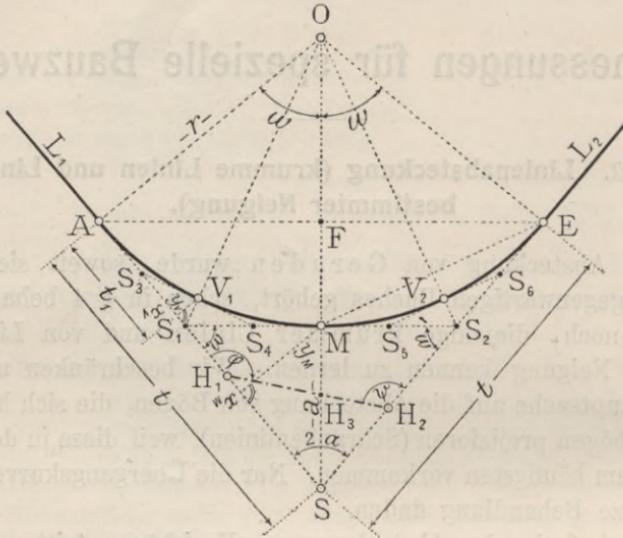
Die Aufgabe der Absteckung von Kreisbögen tritt namentlich bei der Ausführung langgestreckter Bauwerke, deren Trace sich aus Geraden und berührenden Kreisbögen zusammensetzt — Eisenbahnen, Strassen, Kanälen etc. —, auf. Ist das Projekt im Plan endgültig festgelegt und gilt es, dasselbe aufs Feld zu übertragen, so werden zunächst Punkte der geraden Strecken durch Abmessung von aus dem Plan abgegriffenen Entfernungsmassen von benachbarten, im Plan und Feld vorhandenen Punkten an Ort und Stelle bestimmt. Etwaige kleine Widersprüche der abgesteckten Punkte gegen die gerade Sollrichtung werden ausgeglichen und schliesslich werden, soweit möglich, die Schnittpunkte  $S$  dieser Geraden (Tangentenschnitt, Winkelpunkt) an Ort und Stelle bestimmt und versichert (s. Fig. 122). Der Schnittwinkel  $2\alpha$  der Tangenten wird gemessen, woraus sich der Zentriwinkel  $2\omega = 2R - 2\alpha$  ergibt.

Ist der Schnittpunkt  $S$  unzugänglich, oder sind bei spitzem Winkel und grossem Radius die Verlängerungen bis zum Schnittpunkt sehr lang, so können Hilfspunkte  $H_1$  und  $H_2$  auf den Tangenten benützt werden, deren Verbindungsstrecke gemessen und durch Ermittlung der Winkel  $\varphi$  und  $\psi$  mit den Tangenten in Beziehung gesetzt wird. Daraus lassen sich dann die Strecken  $H_1S$  und  $H_2S$  und der Winkel  $2\alpha$  berechnen.

Form der Aufgabe.

Je zwei aufeinanderfolgende Gerade sind nun durch berührende Kreisbögen zu verbinden, von denen meist der Radius gegeben ist. Ihre Absteckung analog derjenigen der Geraden, d. h. durch Abgreifen einzelner Punkte aus dem Plan, ist untunlich. Der Mittelpunkt  $O$  des Kreises ist weder gesucht, noch wird es in vielen

Fig. 122.



Fällen möglich, oder auch nur zweckmässig sein, ihn auf dem Feld zu bezeichnen, da die Bogenabsteckung von ihm aus wegen der zu meist sehr grossen Radien nicht angänglich ist. (Nur an Wendepunkten bei Strassen kann es sich empfehlen, die Bogenabsteckung vom Mittelpunkt aus zu bewirken.)

Absteckungs-  
basen.

Am zweckmässigsten wählt man passende Geraden, die in möglichster Nähe der Kurve verlaufen und die auf dem Feld leicht herzustellen sind (Tangenten, Sehnen zum Kreis etc.), als Abszissenachsen und berechnet in bezug auf diese sodann rechtwinklige Koordinaten für die auf dem Feld gewünschten Bogenpunkte. Die Absteckung der letzteren an Ort und Stelle erfolgt mittels Kreuzscheibe und Messstangen, wie in § 4 gezeigt wurde.

Bogen-  
haupt-  
punkte.

Man beginnt dabei mit **den Bogenhauptpunkten**. Als solche gelten: die beiden Berührungspunkte  $A$  und  $E$ , die Bogenmitte  $M$  und eventuell noch die Bogenviertel  $V_1$  und  $V_2$ . Zur Absteckung der Berührungspunkte  $A$  und  $E$  braucht man die Strecken  $SA = SE$  (bezw. wenn  $S$  unzugänglich oder  $SA$  unverhältnismässig lang ist,  $H_1A = SA - SH_1$  und analog  $H_2E = SE - SH_2$ ).

Aus  $\triangle OSA$  kommt

$$(1) \quad . . . . . t \equiv SE = SA = r \cdot \operatorname{tg} \omega$$

und zur Bestimmung von  $H_1A$  und  $H_2E$  aus  $\triangle H_1H_2S$

$$SH_1 = \frac{H_1H_2}{\sin 2\alpha} \sin \psi$$

$$SH_2 = \frac{H_1H_2}{\sin 2\alpha} \sin \varphi.$$

Zur Bestimmung der Bogenmitte  $M$  hat man unter gleichzeitiger Rechenprobe für  $SE$  und  $SM$

$$(2) \quad . . a \equiv SM = SO - r = \frac{r}{\cos \omega} - r = t \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}.$$

Will die Absteckung der Winkelhalbierenden  $SMO$  umgangen werden, so erhält man die rechtwinkligen Koordinaten  $x_M$  und  $y_M$  in bezug auf jede der Tangenten als Achse und den Berührungspunkt als Ursprung:

$$(3) \quad . . \left\{ \begin{array}{l} \text{Abszisse } x_M = \text{halbe Sehne } AF = r \cdot \sin \omega \\ \text{Ordinate } y_M = \text{Pfeilhöhe} \quad FM = r - r \cos \omega \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = 2r \sin^2 \frac{\omega}{2} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = x_M \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}. \end{array} \right.$$

Die letzte Gleichung bietet wieder eine Rechenprobe für  $x_M$  und  $y_M$ . Bei grosser Entfernung der Bogenmitte  $M$  von den Tangenten lässt sich diese weder durch die Winkelhalbierende  $SM$ , noch von der Tangente aus durch die Koordinaten  $x_M$  und  $y_M$  mit genügender Genauigkeit aufs Feld übertragen. In diesem Fall ist es zweckmässiger, die Schnittpunkte  $S_1$  und  $S_2$  der in  $M$  an den Kreis gezogenen Tangente mit den Haupttangente und damit die erstere selbst zu bestimmen. Die Absteckung von  $S_1$  und  $S_2$  geht bequem anlässlich der Absteckung von  $A$  und  $E$ , sobald man kennt aus dem  $\triangle OAS_1$ :

$$(4) \quad . . t_1 \equiv AS_1 = ES_2 = S_2M = S_1M = r \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}.$$

Die Gleichung (4) gibt für die Länge der Tangente  $S_1M$  dieselbe Formel wie Gleichung (1) für die Länge der Tangente  $SA$ . Nur tritt an Stelle des halben Zentriwinkels zu  $t = \omega$  für  $S_1M$  der halbe Zentriwinkel  $\frac{\omega}{2}$ .

Diese Übereinstimmung trifft für jeden weiteren Teilpunkt, etwa das Bogenviertel, zu. Für dieses bleiben die Formeln (2) bis (4) ganz identisch, nur tritt an Stelle des Zentriwinkels  $\omega$  jeweils der Wert  $\frac{\omega}{2}$  etc.

Demnach wird der Scheitelabstand  $a_1 = S_1 V_1 = S_2 V_2 = t_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{4}$

die Abszisse  $x_v = r \cdot \sin \frac{\omega}{2}$

die Ordinate  $y_v = r - r \cos \frac{\omega}{2}$ .

Hat man zur Gewinnung der Berührungspunkte A und E die Hilfsstrecke  $H_1 H_2$  benützen müssen, so wird man sie zweckmässigerweise auch zur Absteckung des Bogenmittels M verwenden. Man erhält den Schnittpunkt  $H_3$  der Zentralen OS mit der Hilfsstrecke aus den in den Dreiecken  $S H_1 H_3$  und  $S H_2 H_3$  berechneten Strecken:

$$\left. \begin{aligned} (5a) \quad . \quad . \quad . \quad H_1 H_3 &= \frac{S H_1 \sin \alpha}{\sin(\varphi - \alpha)} \\ (5b) \quad . \quad . \quad . \quad H_2 H_3 &= \frac{S H_2 \sin \alpha}{\sin(\psi - \alpha)} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{wobei beide Nenner als } \sin \\ \text{von Nebenwinkeln einander} \\ \text{gleich sind.} \end{array}$$

Die Strecke  $H_3 M$  ist bekannt, sobald man aus denselben Dreiecken berechnet hat

$$(5c) \quad . \quad . \quad . \quad S H_3 = \frac{S H_1 \sin \varphi}{\sin(\psi - \alpha)} = \frac{S H_2 \sin \psi}{\sin(\psi - \alpha)}$$

Hierbei wird gleichzeitig die Berechnung von  $S H_1$  und  $S H_2$  geprüft.

Endlich erhält man den Winkel, unter dem  $H_3 M$  von  $H_1 H_2$  abgeht, aus

$$\sphericalangle H_1 H_3 M = \psi - \alpha$$

$$\sphericalangle M H_3 H_2 = \varphi - \alpha$$

Beispiel: Gesucht die Masse zur Absteckung der Hauptpunkte eines Kreises vom Radius  $r = 500$  m mit dem Tangentenschnittwinkel  $2\alpha = 104^\circ 18' 24''$  (s. Tabelle auf S. 179).

Statt diese Berechnung für jeden speziellen Fall auszuführen, kann man auch unter Beachtung, dass alle Kreise ähnliche Figuren, und daher homologe Strecken daran proportional sind, die nötigen Grössen ein für allemal für einen bestimmten Halbmesser (z. B.  $r = 100$ ) und verschiedene Zentriwinkel berechnen und sich dann darauf beschränken, diese Masse je mit dem betreffenden Halbmesser zu multiplizieren. Darauf gründen sich die verschiedenen, von Gysin, Jordan, Knoll-Weitbrecht, Kröhnke, Sarrazin, Winkel u. a. herausgegebenen Kreistafeln.

Zu Beispiel Seite 178.

$t \equiv SA = SE = 388,49$	$r \cdot \operatorname{tg} \omega$	2.58938
$\alpha = 52^{\circ} 09' 12''$	$\operatorname{tg} \omega$	9.89041
$\omega = 37^{\circ} 50' 48''$	$r$	2.69897
$r = 500 \text{ m}$	$\cos \omega$	9.89744
$OF = r \cdot \cos \omega = 394,83$	$r \cdot \cos \omega$	2.59641
$AF = x_M = r \cdot \sin \omega = 306,77$	$r \cdot \sin \omega$	2.48682
$SO = \frac{r}{\cos \omega} = 633,19$	$\frac{r}{\cos \omega}$	2.80153
Scheitelabstand $a = SM = 133,19$		
Halbe Sehne $AF = x_M = 81,72$		
Pfeilhöhe $p = FM = y_M = 105,17$		
$\frac{\omega}{2} = 18^{\circ} 55' 24''$	$\operatorname{tg} \frac{\omega}{2}$	9.53508
$t_1 \equiv S_1M = S_1A \dots = 171,42$	$r \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}$	2.23405
$SS_1 = 217,07$		

Nachdem durch Absteckung der soeben berechneten Masse für den Kreisbogen sichere Stützpunkte gewonnen sind, gehen wir über zur

### 2) Absteckung der Bogenkleinpunkte.

Unter Kleinpunkten verstehen wir im vorliegenden Fall die ausser den Hauptpunkten noch nötigen, häufig in die durchlaufende Kilometereinteilung der Achse einzufügenden Bogenpunkte. Als Absteckungsgrundlage dienen die bisher gewonnenen Tangenten, oder die Verbindungslinien abgesteckter Hauptpunkte (Sehnen).

Kreisgleichung bezogen auf die Tangente als Abszissenachse.

Betrachtet man eine Tangente an einen beliebigen Kreis als x-Achse für die Aufnahme von Punkten P des Kreisumfangs und den Berührungspunkt A als Ursprung, heisst man ferner die rechtwinkligen Koordinaten der Kreispunkte wie bisher x und y, so gibt das rechtwinklige Dreieck  $AP_1A_1$  (s. Fig. 123) nach dem Höhensatz die Gleichung

$$(6) \dots \dots \dots x_1^2 = y_1(2r - y_1) = 2r y_1 - y_1^2,$$

woraus allgemein, da die Gleichung eben so gut, wie für  $P_1$  für jeden anderen Kreispunkt gilt:

$$(6a) \dots \dots y = r \pm \sqrt{r^2 - x^2} = r \pm \sqrt{(r+x)(r-x)}.$$

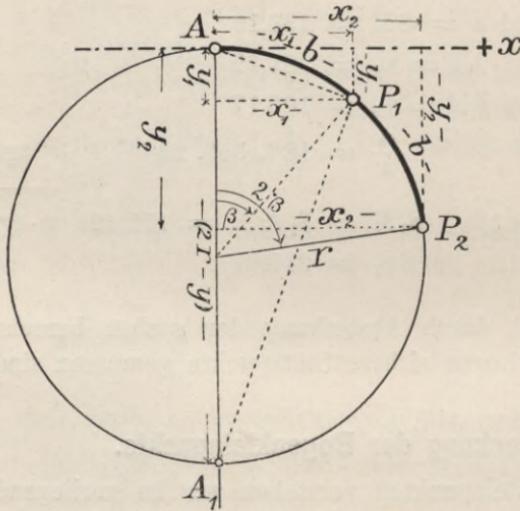
Diese Gleichung liefert für jede beliebig angenommene Abszisse  $x$  die Ordinate  $y$  eines Kreispunktes  $P$ .

Statt sie jedoch in jedem einzelnen Fall direkt auszurechnen, ziehen wir die Wurzel aus (entwickeln in eine Reihe) und erhalten

$$(7) \quad y = r \pm r \mp \frac{x^2}{2r} + \frac{x^4}{8r^3} \mp \frac{x^6}{16r^5} + \frac{5x^8}{128r^7} \mp \dots$$

Die oberen Zeichen gelten für die der Tangente abgewandte Kreisseite und sind für unsere Absteckung ohne Bedeutung.

Fig. 123.



Für die der Tangente zugewandten Kreispunkte hat man durch Benützung der unteren Zeichen:

$$(7a) \quad y = \frac{x^2}{2r} + \frac{x^4}{8r^3} + \frac{x^6}{16r^5} + \frac{5x^8}{128r^7} + \dots$$

Genäherte  
Kreis-  
gleichung,  
bezogen auf  
die  
Tangente.

Je grösser dabei  $r$  im Verhältnis zu  $x$  ist, um so weniger kommen die hinteren Glieder der Reihe in Betracht. Beschränkt man sich auf die Verwendung des ersten Glieds

$$(8) \quad \dots \dots \dots y = \frac{x^2}{2r},$$

so erhält man an Stelle des Kreises die im Berührungspunkt  $A$  an ihn sich anschmiegende Parabel.

Gleiche  
Abszissen-  
differenzen.

Beispiel. Für den oben berechneten Kreis vom Halbmesser  $r = 500$  m ergeben sich zu den Abszissen  $x = 10$  m, 20 m etc. folgende Werte für die einzelnen Glieder der Reihe (7a) und für  $y$ :

X	$\frac{x^2}{2r}$	$\frac{x^4}{8r^3}$	$\frac{x^6}{16r^5}$	$\frac{5x^8}{128r^7}$	Y
m	m	m	m	m	m
10	0,100	0,000	0,000	0,000	0,100
20	0,400	0,000	0,000	0,000	0,400
30	0,900	0,001	0,000	0,000	0,901
40	1,600	0,003	0,000	0,000	1,603
50	2,500	0,006	0,000	0,000	2,506
60	3,600	0,013	0,000	0,000	3,613
100	10,000	0,100	0,002	0,000	10,102
200	40,000	1,600	0,128	0,013	41,741

Bei der soeben gezeigten Berechnungsmethode wurden für die abzusteckenden Punkte gleiche Abszissendifferenzen gewählt. Dies ist für die Zeichnung von Kreisen mit grossem Halbmesser sehr bequem. Für die Absteckung auf dem Feld ist es aber meist zweckmässiger, gleiche Bogenlängen  $b$  zwischen den abgesteckten Punkten zu haben. In diesem Fall berechnet man zunächst den zur gewünschten Bogenlänge  $b$  gehörigen Zentriwinkel  $\beta = \frac{b}{r} \cdot \varrho$ .

Gleiche Bogenlängen.

Man erhält dann die bisher beliebig angenommenen Abszissen  $x$  aus

$$(9a) \quad \dots \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} x_1 = r \sin \beta \\ x_2 = r \sin 2\beta \\ \vdots \\ \vdots \\ x^n = r \sin n \cdot \beta \end{array} \right.$$

und dazu die entsprechenden Ordinaten  $y$  nach Gleichung (7a), oder aus

$$(9b) \quad \left\{ \begin{array}{l} y_1 = r - r \cos \beta = r(1 - \cos \beta) = 2r \sin^2 \frac{\beta}{2} \\ y_2 = r - r \cos 2\beta = r(1 - \cos 2\beta) = 2r \sin^2 \frac{2\beta}{2} \\ \vdots \\ \vdots \\ y_n = \dots \dots \dots = 2r \sin^2 \frac{n \cdot \beta}{2} \end{array} \right.$$

Das bisher behandelte Beispiel liefert für gleiche Bogenlängen  $b = 10$  m den Zentrierwinkel:

$$\beta = \frac{10}{500} \times \varrho$$

10		1.00000
E 500		7.30103
q'		3.53627
<hr/>		
β'		1.83730

$$\beta = 1^\circ 08' 45''$$

$$\frac{\beta}{2} = 0^\circ 34' 22_5''$$

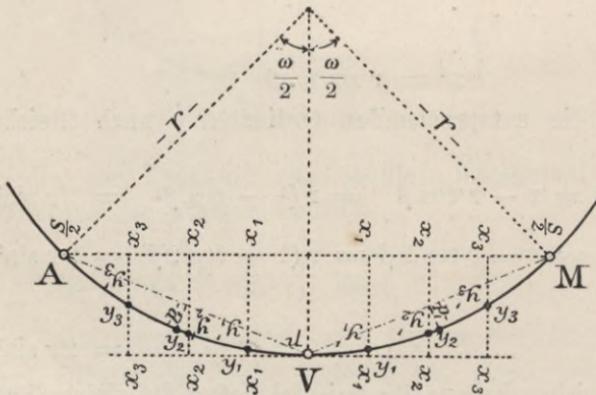
und daraus die Koordinaten der Kleinpunkte:

	P <sub>1</sub> b = 10 m	P <sub>2</sub> b = 20 m	P <sub>3</sub> b = 30 m	P <sub>4</sub> b = 40 m
$n \beta =$	1° 08' 45"	2° 17' 30"	3° 26' 15"	4° 35' 00"
$n \cdot \frac{\beta}{2} =$	0° 34' 22 <sub>5</sub> "	1° 08' 45"	1° 43' 07 <sub>5</sub> "	2° 17' 30"
x	9,999	19,993	29,980	39,955
log x	0.99994	1.30088	1.47683	1.60157
sin $\beta$	8.30097	8.60191	8.77786	8.90260
r	2.69897	2.69897	2.69897	2.69897
2	0.30103	0.30103	0.30103	0.30103
sin $\frac{n\beta}{2}$	7.99997	8.30097	8.47702	8.60191
sin $\frac{n\beta}{2}$	7.99997	8.30097	8.47702	8.60191
log y	8.99994	9.60194	9.95404	0.20382
y	0,100	0,400	0,900	1,599

Ordinaten  
von der  
Sehne aus.

Da sich die Tangente rasch von dem Bogen entfernt, so ist ihre Verwendungsmöglichkeit als Abszisse bei steilem Gelände, Böschungen etc. sehr beschränkt. Besser eignet sich hier die

Fig. 124.



Verbindungsline zweier abgesteckten Hauptpunkte (Sehne) als x-Achse und es ergeben sich die von ihr aus abzusetzenden Ordinaten  $y'$  als Differenz der Pfeilhöhe  $p$  (s. Fig. 124) und der zur Tangente gehörigen Ordinaten. Man erhält

$$(10a) \dots p = r - r \cdot \cos \frac{\omega}{2} = 2r \sin^2 \frac{\omega}{4}$$

und

$$(11) \dots y' = p - y.$$

Die Abszissen werden vom Halbierungspunkt der Sehne aus nach rechts und links gemessen.

Die ganze Sehnenlänge ist

$$(10b) \dots \dots \dots s = 2 \cdot r \cdot \sin \frac{\omega}{2}.$$

Beispiel (angewandt auf den Bogen AM).

	27,023 = p.	1.43174
$\alpha = 52^{\circ} 09' 12''$	$\sin \frac{\omega}{4}$	9.21587
$\omega = 37^{\circ} 50' 48''$	$\sin \frac{\omega}{4}$	9.21587
$\frac{\omega}{2} = 18^{\circ} 55' 24''$	2	0.30103
	500 = r	2.69897
$\frac{\omega}{2} = 9^{\circ} 27' 42''$	$\sin \frac{\omega}{2}$	9.51095
	324,30 = s.	2.51095

Will man gleiche Bogenlängen zwischen den abzusteckenden Punkten, so misst man jetzt vom Halbierungspunkt der Sehne nach beiden Seiten die Seite 182 berechneten Abszissen ab

$$\left. \begin{array}{l} x_1 = 9,999 \\ x_2 = 19,993 \\ x_3 = 29,980 \\ x_4 = 39,955 \\ \vdots \\ \frac{s}{2} = x_A = 162,15 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{und von den} \\ \text{dadurch ge-} \\ \text{wonnenen} \\ \text{Fusspunkten} \\ \text{die Ordinaten} \end{array} \left( \begin{array}{l} y'_1 = 27,023 - 0,100 = 26,923 \\ y'_2 = 27,023 - 0,400 = 26,623 \\ y'_3 = 27,023 - 0,900 = 26,123 \\ y'_4 = 27,023 - 1,599 = 25,424 \\ \vdots \\ y'_A = 0 \end{array} \right)$$

(Auch die nach vorstehendem berechneten Abszissen und Ordinaten können vorhandenen Tafelwerken, von denen S. 178 einige angegeben sind, entnommen werden.)

Um den Halbierungspunkt der Sehne nicht vorgängig abstecken zu müssen, legt man besser in A bzw. in M das Mass 162,15 an und zählt, in der Richtung gegen M bzw. A messend, rückwärts, wie S. 32 gezeigt wurde, bis Null, und von da an aufwärts.

Für Absteckungen an hohen Auffüllungs- oder Einschnitts- böschungen, sowie bei Stollenbauten reichen die vorgeführten Methoden nicht aus, weil die Anwendung langer Tangenten oder Sehnen und das Absetzen der zugehörigen Punktordinaten unmöglich, zum mindesten aber ungenau ist. In diesem Fall hilft man sich mit Polarkoordinaten, oder mit einem abzusteckenden Polygonzug. Von dem hier anwendbaren Verfahren möge nur ein einziges nachfolgend beschrieben sein. (Im übrigen vergl. Spezialwerke, z. B. Knoll-Weitbrecht, Kurvenabsteckung.)

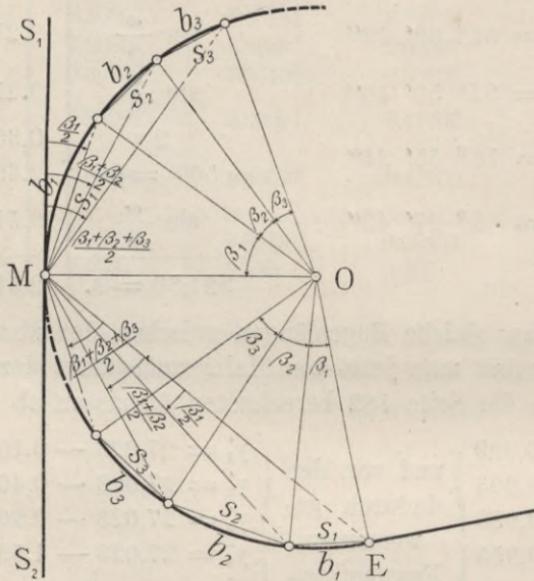
Absteckung an hohen Böschungen oder in Stollen.

Absteckung  
mit Polar-  
koordinaten  
auf hohen  
Böschungen.

Nach planimetrischen Sätzen entsprechen in jedem Kreis gleichen Zentriwinkeln gleiche Bögen. Peripheriewinkel sind gleich den Tangentensehnenwinkeln und gleich den halben Zentriwinkeln über demselben Bogen.

Ist ein Kurvenhauptpunkt M und die Richtung einer von ihm ausgehenden Tangente MS oder Sehne ME gegeben, und sind

Fig. 125.



Punkte der Kurve im gegenseitigen geradlinigen Abstand  $s_1, s_2, s_3 \dots$ , oder in der Bogenentfernung  $b_1, b_2, b_3 \dots$  abzustecken (siehe Fig. 125), so berechnet man zunächst die den verlangten Sehnen oder Bögen entsprechenden Zentriwinkel

$$(12) \dots \dots \dots \left\{ \begin{array}{l} \beta = \frac{b}{r} \varrho \\ \sin \frac{\beta}{2} = \frac{s}{2r} \end{array} \right.$$

Alsdann stellt man das Winkelinstrument in dem gegebenen Punkt M auf und gibt damit von der Tangente  $MS_1$  (oder von einer etwa bekannten Sehne ME) aus der Reihe nach die Richtungen der freien Schenkel der Tangentensehnen- (oder im andern Fall der Peripherie-) Winkel  $\frac{\beta_1}{2}, \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}, \frac{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}{2}$  etc. an. Vom Ausgangspunkt bis zur ersten angegebenen Richtung misst man gleichzeitig die Sehne  $s_1$ , von deren Endpunkt zum nächsten Strahl die Sehne  $s_2$ , von dem so erhaltenen Punkt aus zum dritten Strahl

die Sehne  $s_3$  ab u. s. f. und erhält damit jedesmal einen weiteren Kurvenpunkt. Wählt man die Sehnen- oder Bogenlängen gleich gross (z. B. gleich Messbandlänge), so werden natürlich auch die Zentriwinkel etc. einander gleich.

Handelt es sich nur um vorläufige oder um Bogenabsteckungen für untergeordnete Bauten, bei denen auf die Eigenschaft der Kurve als genauer Kreis bezw. genaue Schraubenlinie kein grosser Wert gelegt wird, so können folgende

### Näherungsverfahren

angewandt werden:

1) **Viertelsmethode.** Sind zwei Kreispunkte A und M (siehe Fig. 124) und die Pfeilhöhe  $p$  des zwischenliegenden Bogenstücks (s. Gleichung 10 a) gegeben, so kann daraus der Kreispunkt V abgesteckt werden. Die Pfeilhöhe  $p_1$  des halben Bogens AV oder MV ist dann  $\approx \frac{p}{4}$ , woraus sich in der Mitte von AV und VM je ein weiterer Kreispunkt ergibt.

Viertels-  
methode.

$$\text{Genau ist } p_1 = 2r \sin^2 \frac{\omega}{8} \text{ (analog Gleichung 10 a)}$$

$$p = 2r \sin^2 \frac{\omega}{4} \text{ (siehe „ 10 a)}$$

Für kleine Zentriwinkel ist  $\sin \frac{\omega}{4} \approx 2 \sin \frac{\omega}{8}$ , also

$$\sin^2 \frac{\omega}{4} \approx 4 \sin^2 \frac{\omega}{8} \text{ und } p \approx 4 p_1.$$

Aus dem gleichen Grund ist die Pfeilhöhe der vier jetzt vorhandenen Bogenstücke je  $= p_2 \approx \frac{p}{16}$ , womit man vier weitere Bogenpunkte abstecken kann u. s. f.

### 2) Einrückmethoden.

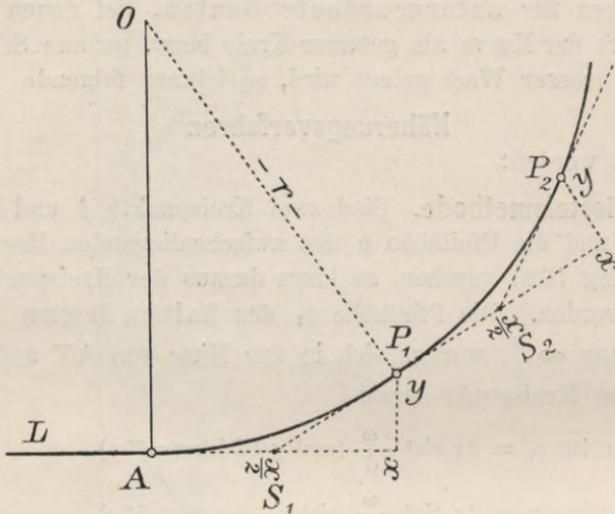
a) Von der verlängerten Tangente aus (s. Fig. 126). Hat man nach Gleichung (7) die zu einer bestimmten Abszisse  $x$  gehörige Ordinate  $y$  berechnet, oder ist in A an die Gerade LA ein Bogen berührend anzulegen, der durch einen gegebenen Punkt  $P_1$  gehen soll, so wird die an den gesuchten Bogen in  $P_1$  gelegte Tangente die Abszisse  $x$  ungefähr halbieren.

Verlängerte  
Tangente.

Streng genommen ist  $S_1 A = S_1 P_1$  und  $S_1 x$  (als Kathete zur Hypotenuse  $S_1 P_1$ )  $= \sqrt{S_1 P_1^2 - y^2}$ , also  $< S_1 A$ . Die benützte Gerade  $S_1 P_1$ , welche die Abszisse  $Ax$  halbiert, ist in Wirklichkeit Parabeltangente. Bei flachen Bögen ist aber  $y$  sehr klein, daher  $S_1 x \approx S_1 P_1$ .

Es ist daher die Verbindungslinie des Halbierungspunkts  $S_1$  von  $Ax$  mit  $P_1$  näherungsweise wieder Tangente an den Kreis. Auf ihrer Verlängerung, die man bequem mittels Messbands sich verschafft, trägt man  $\frac{x}{2}$  und  $x$  ab, erhält durch Absetzen der vorher bestimmten Ordinate  $y$  den zweiten Bogenpunkt  $P_2$  und die nächste Tangente  $S_2P_2$  u. s. f.

Fig. 126.



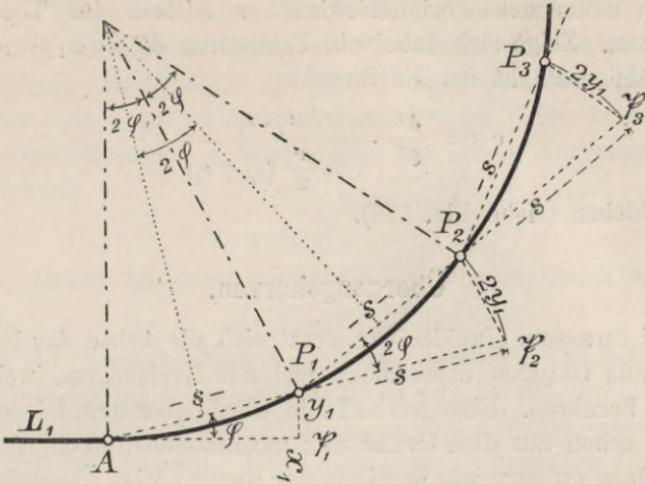
Verlängerte  
Sehne.

b) Von der verlängerten Sehne aus. Die jedesmalige Absteckung des Halbierungspunkts  $S_1, S_2$  etc. der Abszisse beim vorigen Verfahren ist unbequem, das zu verlängernde Stück  $SP$  klein und daher die Verlängerung ungenau. Ist nun wieder wie bei (a) der Bogenanfang  $A$ , die Tangentenrichtung  $L_1$  und ein Punkt  $P_1$  der Kurve gegeben, ein Punkt  $P_2$  derselben in der gleichen Sehnenentfernung  $s$  gesucht, so zeigt die Figur 127, dass der Winkel  $P_2P_1A = 2R \pm 2\varphi$  ist, wenn  $P_1AL = 2R \pm \varphi$ .

Verlängert man  $AP_1$  um sich selber bis  $\mathfrak{P}_2$ , so ist  $\mathfrak{P}_2P_1P_2$  ein gleichschenkliges Dreieck, dessen Grundlinie  $\mathfrak{P}_2P_2 = 2y_1$  ist. Um  $P_2$  auf dem Feld zu erhalten, wird man daher ein Band (Messleine) sich verschaffen, dessen Länge  $= 2s$  ist. Dieses wird man über  $A$  und  $P_1$  horizontal bis  $\mathfrak{P}_2$  ausspannen und letzteren Punkt vorübergehend bezeichnen. Alsdann dreht man die vordere Hälfte des Bandes um  $P_1$  bis ihr Endpunkt  $P_2$  um die (mittels Massstabs abzusteckende) Strecke  $2y_1$  von  $\mathfrak{P}_2$  entfernt ist. Dieser Punkt wird als Bogenpunkt verpflocht.

Jetzt wird das Band von  $P_1$  über  $P_2$  nach  $\mathfrak{P}_3$  gespannt, und  $\mathfrak{P}_3$  bezeichnet alsdann die vordere Bandhälfte um  $P_2$  nach  $P_3$  ge-

Fig. 127.



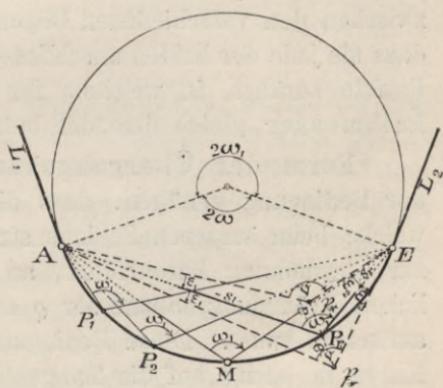
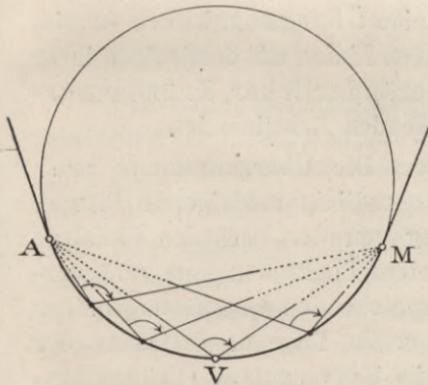
dreht, bis  $\mathfrak{P}_3 P_3 = 2y_1$  ist, womit sich der dritte Kurvenpunkt  $P_3$  ergibt u. s. f.

Kann man den zu zwei Kurvenpunkten A und M (s. Fig. 128) gehörigen Peripheriewinkel AVM, sei es durch Rechnung, sei es dadurch ermitteln, dass ein Zwischenpunkt V gegeben ist, durch den der Bogen gelegt werden soll, so braucht man ihn nur auf

Absteckung  
mittels  
Peripherie-  
winkels.

Fig. 128.

Fig. 129.



dem Sextanten, oder der Prismentrommel einzustellen und hernach, wie in § 4 kennen gelernt, Punkte aufzusuchen, deren nach A und M gezogene Strahlen den genannten Winkel  $\omega_1$  miteinander einschliessen. Sie alle liegen auf dem abzusteckenden Kreis nach dem Satz vom Peripheriewinkel.

Da die Spiegel- und Prismeninstrumente keine Horizontalwinkel ergeben (s. S. 50), so wird man, wenn genaue Absteckung

verlangt ist, die so gewonnenen Punkte nur als vorläufige betrachten und auf ihnen den Peripheriewinkel  $\nu$  mittels des Theodoliten nachmessen. Zeigt sich dabei ein Fehlbetrag  $\delta'' = \omega_1 - \nu$ , so ist der vorläufige Punkt um die Strecke

$$e = \frac{\delta''}{\varrho''} \cdot \frac{s_r \cdot s_1}{\sin \frac{\nu}{2} (s_r + s_1)}$$

zu verschieben (siehe Fig. 129).

### Übergangskurven.

Zweck.

Bei Strassen, Kanälen etc. setzt sich die Achse des Bauwerks zumeist aus Geraden zusammen, und aus Kreisbögen, welche die ersteren berühren. Eine solche Linie würde aber dem Eisenbahnbetrieb schon aus dem Grund nur unvollkommen genügen können, weil sie dazu zwingen würde, die in der Kurve nötige Überhöhung der äusseren Schiene (Zentrifugalkraft!) entweder schon in der geraden Strecke beginnen zu lassen (wodurch hier die Gefahr des Abgleitens für das Fahrzeug entstände), oder auf ihr Vorhandensein an der für Entgleisungen gefährlichsten Stelle, dem Bogenanfang, zu verzichten. Beides geht nicht an. Man schiebt daher wenigstens da, wo der Sprung in den Krümmungsverhältnissen stark ist (auf Hauptbahnen z. B. beim Übergang von der Geraden auf Kreisbögen mit  $r < 800$  m), zwischen Gerader und Kreisbogen (bei Korbbögen zwischen den verschiedenen Bögen) eine Übergangskurve so ein, dass sie jede der beiden anschliessenden Linien mit demjenigen ihrer Punkte berührt, in welchem ihr veränderlicher Krümmungshalbmesser gleich dem der betreffenden Achslinie ist.

Form der Übergangskurve.

Form der Übergangskurve. Die Übergangskurve muss der Bedingung genügen, dass die geradlinig ansteigende Rampe, welche beim äusseren Schienenstrang von der normalen Gleislage zur Überhöhung heraufführt, an jedem Punkt den dem veränderlichen Krümmungshalbmesser  $\varrho$  entsprechenden Überhöhungsbetrag aufweisen muss. Diese Bedingung ergibt folgende Gleichung der Kurve in bezug auf die Tangente im Kurvenanfang (Krümmungshalbmesser  $\varrho = \infty$ ) als x-Achse und letzteren als Ursprung:

$$(13) \quad \dots \dots \dots y = \frac{x^3}{6c},$$

wobei c eine von der jeweiligen Eisenbahnbehörde festzusetzende Konstante darstellt.

Die württembergische Staatseisenbahnverwaltung verwendet bei Hauptbahnen normalerweise  $c = 15000$ , bei normalspurigen Nebenbahnen  $c = 6300$ , bei Nebenbahnen mit 0,75 m Spurweite  $c = 3000$ .

Von dieser, für jede Bahngattung durch die Wahl von  $c$  ein für allemal gegebenen Kurve kommt in jedem einzelnen Fall dasjenige Stück zur Verwendung, welches zwischen den beiden Kurvenpunkten liegt, in welchen die Krümmungshalbmesser gleich sind denen der beiden zu verbindenden Achszweige. Der veränderliche Krümmungshalbmesser  $\rho$  ergibt sich für jeden Kurvenpunkt aus der Gleichung

Einschaltung der Übergangskurve.

$$(14) \quad \dots \dots \rho = \frac{c}{x},$$

wobei  $x$  dessen Abszisse und  $c$  die oben beschriebene Konstante vorstellt.

Ist die Übergangskurve zwischen Gerader und Kreisbogenstrecke vom Radius  $r$  einzuschieben, so kommt von ihr die Strecke vom Krümmungshalbmesser  $\rho = \infty$  bis zum Krümmungshalbmesser  $\rho = r$  zur Verwendung. Die Länge der verwendeten Übergangskurvenstrecke ist dann, da die Abszisse  $x$  genähert gleich der Bogenlänge  $a$  gesetzt werden kann

$$(15) \quad \dots \dots a \equiv x = \frac{c}{\rho} = \frac{c}{r},$$

die Ordinate des Endpunkts der Übergangskurve

$$(16) \quad \dots \dots b \equiv y_B = \frac{x^3}{6c} = \frac{c^2}{6r^3} = \frac{a^2}{6r},$$

die Ordinate des Halbierungspunkts der Übergangskurve ( $x = \frac{a}{2}$ ) ist

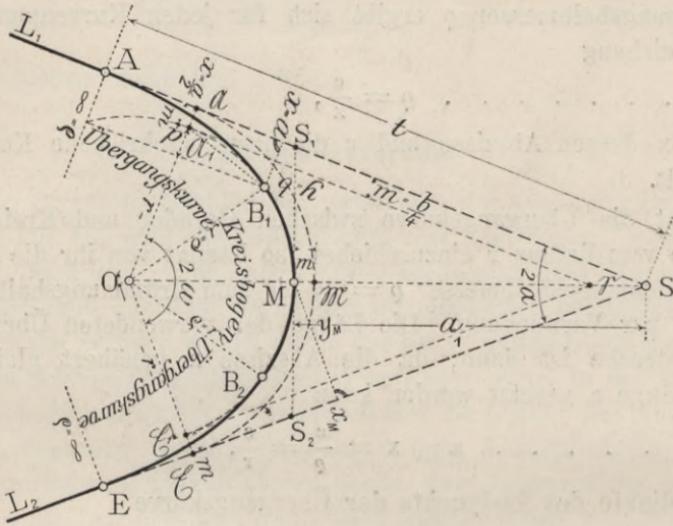
$$(17) \quad \dots \dots y = \frac{a^3}{48c} = \frac{c^2}{48r^3}.$$

Die Einschaltung der Übergangskurve, welche bei Projektierung der Eisenbahntrasse noch nicht berücksichtigt wird, erzeugt unter allen Umständen entweder eine Verschiebung der geraden Bahnstrecken  $L$ , wenn die projektierte Lage des Kreisbogens  $\mathfrak{A}\mathfrak{M}\mathfrak{C}$ , oder eine solche des Kreisbogens, wenn die Lage der ursprünglichen Tangenten beibehalten werden will, sowie eine Versetzung der ursprünglich projektierten Bogenendpunkte  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{C}$  (s. Fig. 130). Man vermittelt, indem man die ursprünglich projektierte Lage der geraden Bahnstrecken unverändert beibehält, die Übergangskurve aber zur Hälfte in das Gebiet der bisherigen Geraden, zur andern Hälfte in das Gebiet der bisherigen Kurve schiebt. Der ursprüngliche Bogenanfang  $\mathfrak{A}$  und  $\mathfrak{C}$  wird deshalb um die halbe Länge  $\frac{a}{2}$  der Übergangskurve nach  $A$  und  $E$  zurückgeschoben, der ursprüngliche Kreisbogen erleidet eine Verschiebung nach innen und eine Halbmesserverkleinerung um den zunächst noch unbekanntem Betrag  $m$ . Dieser ergibt sich als Differenz der Ordinate  $b$  des End-

punkts der Übergangskurve und der Pfeilhöhe  $p$  des nach innen verschobenen Kreisbogens von der Länge  $a$  (s. Fig. 130) zu

$$(18) \dots \dots m = \frac{a^2}{24r} = \frac{b}{4} = \frac{c^2}{24r^3}.$$

Fig. 130.



Beispiel.

Beispiel. Zwischen eine Gerade  $L_1$  und den in  $\mathfrak{A}$  berührend an sie angelegten Kreis vom Halbmesser  $r = 300$  m soll eine Übergangskurve eingeschoben werden. Gemessen ist der Winkel der beiden Tangenten  $2\alpha = 100^\circ 34' 30''$ , gegeben die Konstante  $c = 10000$ .

### Ausrechnung für die Hauptpunkte.

- 1) Zentriwinkel  $2\omega = 180 - 2\alpha = 79^\circ 25' 30''$ .
- 2) Länge der Übergangskurve

$$AB_1 = EB_2 = a = \frac{c}{r} = \frac{10000}{300} = 33,33 \text{ m.}$$

- 3) Ordinate des Endpunkts der Übergangskurve

$$b = \frac{c^2}{6r^3} = 0,617 \text{ m.}$$

- 4) Parallelverschiebung der Tangente an den nach innen verschobenen Kreis

$$m = \frac{b}{4} = 0,154 \text{ m.}$$

Es wird nun, im Widerspruch zum Projekt, angenommen, der im Projektplan eingetragene Kreis habe statt des Radius 300 m den Radius  $r + m = 300,154$  m gehabt, so dass der tatsächlich abzusteckende Kreis jetzt den Radius  $r = 300$  m erhält.

5) Tangentenlänge

$$t = SA = S\mathfrak{M} + \frac{a}{2} = 300,154 \cdot \operatorname{tg} 39^\circ 42' 45'' + 16,665 \\ = 265,969 \text{ m.}$$

6) Scheitelabstand

$$SM = a_1 = \frac{r+m}{\cos \omega} - r = \frac{300,154}{\cos 39^\circ 42' 45''} - r = 90,185 \text{ m.}$$

7a) Abszisse für die Bogenmitte M (hier nicht = halber Sehne)

$$x_M = t - a_1 \cos \alpha.$$

7b) Ordinate für die Bogenmitte M (hier nicht = Pfeilhöhe)

$$y_M = a_1 \sin \alpha.$$

8) Bogenlänge

$$b = AB_1MB_2E = \mathfrak{M}_1M\mathfrak{C}_1 + 2 \cdot \frac{a}{2} = \frac{2\omega}{e} r + a = 449,20 \text{ m.}$$

9a)  $AS_1 = ES_2 = t - \frac{SM}{\cos \alpha} = 141,15 \text{ m.}$

9b)  $S_1M = MS_2 = SM \cdot \operatorname{tg} \alpha = 108,58 \text{ m.}$

Die Koordinaten für die Kleinpunkte der Übergangskurve werden nach Gleichung (13), diejenige für Kleinpunkte des Hauptbogens in bezug auf die parallel verschobene Tangente  $\mathfrak{M}_1\mathfrak{C}_1$  bzw.  $\mathfrak{C}_1\mathfrak{C}_2$  nach den früher entwickelten Gleichungen (6) bis (11) berechnet, oder einer der mehrfach angeführten Kurventafeln entnommen.

### Absteckung von Linien bestimmter Neigung.

Diese Aufgabe ist zu lösen, wenn Bauwesen von untergeordneter Bedeutung (Feldwege, Holzabfuhrwege etc.) entworfen werden sollen, ohne dass Pläne mit Höhenkurven zur Verfügung stehen, auf welche die Projektierung im Zimmer sich stützen könnte. Aber auch für den Entwurf grösserer Bauwerke, von Strassen etc. bleibt in Ermanglung genauer Höhenaufnahmen kein anderes Verfahren übrig, als die Trace (mit etwaigen Varianten) an Ort und Stelle vorläufig und näherungsweise abzustecken und ihre endgültige Lage auf Grund der über die gewonnenen Linien aufzunehmenden Längen- und Querprofile im Zimmer nachträglich festzustellen.

Solche Linien können auf zwei Arten, nämlich erstens mit horizontaler, zweitens mit schiefer Zielung aufgesucht werden.

#### 1) Absteckung mit horizontaler Zielung.

Man stellt das Nivellierinstrument so auf, dass man auf einer im Anfangspunkt A der gesuchten Linie vertikal gestellten Latte bei horizontaler Zielung ablesen kann. Auf ihr mache man die Ablesung z. Soll nun die gegenseitige Entfernung der abzusteckenden Punkte z. B.  $l = 20 \text{ m}$  (Messbandlänge) sein, so weist man jetzt in der genannten, mittels Messbands abgemessenen Entfernung von A

Zweck.

Genauere Absteckung.

die Latte durch das Fernrohr so ein, dass man auf ihr die Ablesung  $z \pm 0,20 p$  (je nachdem der Zug mit  $p\%$  <sup>ab</sup> wärts geführt werden soll) erhält. Nach Verpflockung des gewonnenen Punktes  $P_1$  so, dass die Pflockoberfläche genügend genau der obigen Ablesung entspricht, weist man in 20 m Entfernung von  $P_1$  einen zweiten Punkt  $P_2$  so ein, dass man auf der vertikal gehaltenen Latte  $z \pm 2 \times 0,20 p$  abliest u. s. f.

Muss das Instrument gewechselt werden, so wird auf Grund der für A angenommenen Höhe  $H_A$  (0 m, 100 m etc.) die Höhe des Wechsellpunktes und aus ihr die neue Zielhöhe nach früherem berechnet. Durch Abzug der Grösse  $H_n = H_A \pm n \times 0,20 p$  von der jeweiligen Zielhöhe berechnet man die jeweilige Sollablesung auf dem abzusteckenden Punkt  $P_n$ .

## 2) Absteckung mit schiefer Zielung.

Genäherte  
Ab-  
steckung.

Die schiefe Zielung ermöglicht ein wesentlich rascheres Fortschreiten der Arbeit dadurch, dass die gegenseitige Entfernung der abzusteckenden Punkte  $P_1, P_2 \dots$  nicht gemessen zu werden braucht. An Stelle des Nivellierinstrumentes tritt der (S. 16 ff. vorgeführte) Gefällmesser, dessen Zielvorrichtung auf die verlangte Neigung von  $p\%$  ein für allemal eingestellt wird.

Das Instrument wird an einem Stab in Auhöhe befestigt, ein zweiter Stab erhält in derselben Entfernung von der Spitze (Ring zur Begrenzung des Eindringens in den Boden) eine Zieltafel. Nun stellt man sich mit dem Gefällmesser in A auf und weist die Zieltafel samt dem auf den Boden vertikal gestellten Stab so ein, dass ihre Verbindungslinie mit dem Instrument die verlangte Neigung hat und der erhaltene Punkt  $P_1$  gleichzeitig (ohne Rücksicht auf die Entfernung) einen Wechsel der Geländeform (Rücken, Tal etc.) bezeichnet. Nachdem  $P_1$  verpflockt ist, geht man mit dem Gefällmesser auf diesen Punkt und bestimmt von ihm aus in gleicher Weise einen zweiten Punkt  $P_2$ , von ihm aus den Punkt  $P_3$  u. s. f.

Wie auch die Absteckung erfolgt sein mag, so wird schliesslich die gewonnene, im Zickzack verlaufende Linie durch Gerade und Kurven — die vorläufige oder definitive Trace — ersetzt, die sich um so enger an die abgesteckten Punkte anschmiegen muss, je sorgfältiger man den Erdarbeiten aus dem Wege gehen will.

Über diese Trace kann man endlich, wie bei den Längennivellements (s. S. 136 ff.) gezeigt, nach erfolgter Verpflockung in entsprechenden Abständen, ein Längenprofil und, soweit nötig, Querprofile aufnehmen zur Feststellung etwaiger noch nötiger Linienverschiebungen und zur Abrechnung der Erdarbeiten.

### § 23. Absteckung von Lattenprofilen.

Vor Inangriffnahme von Grabarbeiten, bei welchen Böschungen anzulegen sind, muss die Linie an Ort und Stelle bezeichnet werden, nach der die künftige Einschnitts- bzw. Auffüllungsböschung das Gelände anschneidet, ebenso die Richtung, welche die Böschung, und die Höhe, welche das künftige Planum erhalten soll. Diese Arbeit nennt man „Profilieren“, das Resultat derselben „Lattenprofil“. Sie stützt sich in der Regel auf vorhandene Querprofile, welche nach § 19 entworfen sind und in welche der Schnitt durch das projektierte Bauwesen eingezeichnet wurde.

Begriffsbestimmung.

Die künftige Höhe des Planums wird in der Achse des Bauwesens durch senkrecht eingeschlagene Pflöcke bezeichnet. Entweder (in der Auffüllung) werden diese Pflöcke, eventuell mit kleinen Querlättchen versehen, auf die künftige Höhe  $H$  eingetrieben, so dass ihre Oberfläche die letztere bezeichnet, oder (bei Einschnitt oder allzu hoher Auffüllung) schreibt man an jeden Pflöck das Mass an, um welches das Planum unter oder über die Pflöckhöhe zu liegen kommen soll („1,36 m ab“, „3,04“ m auf“).

Im Falle des Einschnitts lassen die Grabarbeiter einen Erdkegel um den Pflöck herum stehen, um während der Arbeit nach Bedarf von letzterem zum Planum herab messen zu können.

Die Böschungsrichtung und der Böschungsanschnitt werden durch Latten bezeichnet, deren Oberkante in der Böschungslinie (oder ihrer Verlängerung) liegt und welche mit Drahtstiften an Pflöcken befestigt werden, die in den Boden eingetrieben sind (s. Fig. 131).

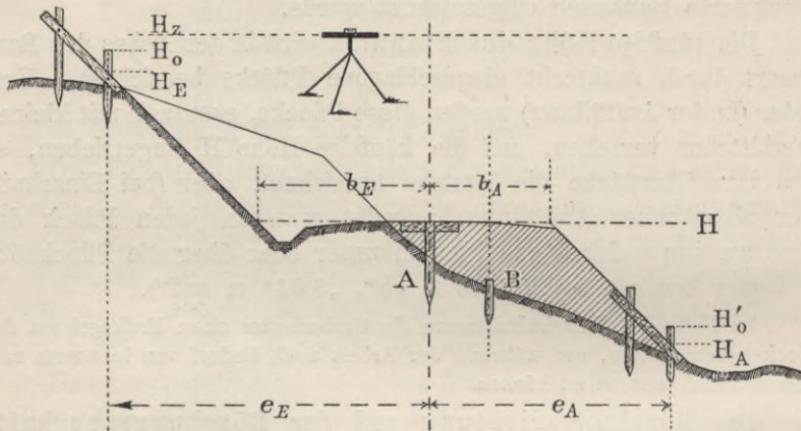
Der Gang der Absteckung ist folgender: Vom Bodenpflöck  $B$ , dessen Höhe nach § 17 bestimmt und zur Konstruktion des Längen- und des Querprofils benützt wurde, und zur Probe noch von einem oder einigen weiteren Festpunkten aus wird die Zielhöhe  $H_z$  des horizontal gestellten Nivellierinstruments abgeleitet. Sodann wird die auf Grund der Profile endgültig bestimmte Lage des Achspunkts  $A$  des projektierten Bauwesens (die in vielen Fällen mit  $B$  identisch sein wird) von  $B$  oder anderen Festpunkten aus abgesteckt und durch einen Pflöck bezeichnet, dessen Oberfläche womöglich mit der künftigen Höhe  $H$  des Planums übereinstimmt (s. oben). Zu diesem Zweck wird dem Längenprofil die Sollhöhe  $H$  entnommen und der Pflöck nun so weit in den Boden eingetrieben, dass an der auf ihm aufgestellten Nivellierlatte bei horizontaler Zielung die Differenz  $H_z - H$  zwischen Ziel- und Sollhöhe abgelesen wird.

Absteckung der Lattenprofile.

Zur Angabe der Böschungsrichtung und des Böschungs-

anschnitts greift man aus dem Querprofil die Strecken  $e_A$  und  $e_E$  (s. Fig. 131), erstere etwas knapp, letztere reichlich ab und schlägt an den nach diesen Massen bestimmten Punkten Pflöcke, die etwas über die Bodenoberfläche herausragen und für deren Oberflächen man die Höhen  $H'_0$  bzw.  $H_0$  mit Hilfe der bereits bekannten Zielhöhe  $H_z$  (nötigenfalls nach vorausgegangenem Instrumentenwechsel) bestimmt. Nun berechnet man (eventuell nach genauer Nachmessung der Strecken  $e_A$  und  $e_E$ ) die Sollhöhe  $H_A$  bzw.  $H_E$  des Schnitts der Böschungsfläche oder ihrer Verlängerung mit dem Pflöck. Zu diesem

Fig. 131.



Zweck werden für ein bestimmtes Normalprofil ein für allemal die Strecken  $b_A$  und  $b_E$  abgeleitet, in denen die durch den Achspunkt gedachte Horizontale die Böschungen oder ihre Verlängerung schneidet. Dann hat man

$$H_E = H + \frac{e_E - b_E}{f_E}$$

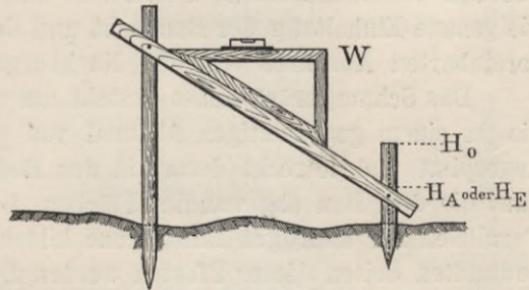
$$H_A = H - \frac{e_A - b_A}{f_A}$$

wobei  $f_E$  und  $f_A$  den Böschungsfuß der Einschnitts- bzw. der Auffüllungsböschung bezeichnen. Von der Pflöckoberfläche wird jetzt das Mass  $H_0 - H_E$  bzw.  $H'_0 - H_A$  am Pflöck abgemessen und der Endpunkt mit Bleistift bezeichnet. (Sollte dieser Endpunkt etwas tiefer liegen als die Bodenoberfläche, so würde dies beweisen, dass  $e_A$  nicht knapp bzw.  $e_E$  nicht reichlich genug aus dem Profil abgegriffen wurde und man müsste entweder von dem Boden etwas weggraben, oder besser den Pflöck etwas verändert einschlagen.)

In der Entfernung von ungefähr 1 m von den derart geschlagenen und eingewogenen Pflöcken — und zwar bei Einschnitts-

böschung von der Achse weg, bei Auffüllung derselben zu — wird nun in der Profilrichtung je ein weiterer Pflock eingetrieben, so dass dessen Kopf etwa um diese Entfernung höher liegt als der des benachbarten. An diesen Pflocken befestigt man Lattenstücke mittels Drahtstiften derart, dass ihre Oberkante das nach vorhergehendem angebrachte Bleistiftzeichen schneidet und dass gleichzeitig eine auf den Böschungswinkel  $W$  gesetzte Wasserwage einspielt (s. Fig. 132). (Der Böschungswinkel ist ein rechtwinkliges Dreieck, dessen Katheten sich wie 1 : 1, 1 : 2 . . . verhalten, je nachdem die projektierte Böschung 1-, 2- . . . fachen Anlauf erhalten soll.)

Fig. 132.



Wie bei allen übrigen Arbeiten ist es auch bei der vorliegenden (schon im Hinblick auf etwaige spätere Streitigkeiten mit Unternehmern etc.) zweckmäßig, deren ganzen Verlauf im Feldbuch niederzulegen. Zu diesem Zweck kann das Nivellementsschema s. S. 139) verwendet werden. Der Einfachheit wegen werden die Horizontalentfernungen links von der Achse mit —, diejenigen rechts der Achse mit + bezeichnet.

Beispiel.

$$(b_E = 4,00 \quad b_A = 3,00 \quad f_E = 1 : 1 \quad f_A = 1 : 1,5)$$

Punkt-Nr.	Ablesung			Höhe		Sollhöhe	Bemerkungen
	rückw.	zw.	vorw.	der Zielung	des Punktes		
				Profil 2 + 40			
	3,354	—	—	248,550	245,196		Alter Achspflock 2 + 40
	1,492	—	—	248,544	247,052		" " 2 + 60
Neuer Achspflock	—	2,44	—	Mittel 248,547	246,11	246,11	
— 6,22	—	0,17	—	—	248,38	248,33	246,11 + 2,22 = 248,33 Schnitthöhe. Zeichen 0,05 unter Pflockoberfläche.
+ 6,60	—	4,77	—	—	243,78	243,71	246,11 - $\frac{3,6}{1,5}$ = 243,71 Zeichen 0,07 unter Pflockoberfläche.
				Profil 2 + 60			

## § 24. Einschnelden von Schnurgerüsten.

Begriffs-  
bestimmung  
und Zweck.

Wie das Profilieren hat auch das Einschnelden von Schnurgerüsten den Zweck, während der Ausführung eines Baues dessen richtige Lage jederzeit herstellen und leicht untersuchen zu können. Dagegen dient es nicht wie jenes dem Erd-, sondern in der Hauptsache dem Kunstbau, und zwar speziell der Sicherung für die richtige Versetzung der Fundamente, des Sockels und (bei Gebäuden) der ersten Hausgrundsichte.

Das Einschnelden des Schnurgerüstes bildet einen Teil der behördlichen Baukontrolle, insofern es das Mittel an die Hand gibt, die genaue Einhaltung der Bauflucht und der vorgeschriebenen oder vereinbarten Abstände von den Nachbargrenzen zu kontrollieren.

Konstruk-  
tion.

Das Schnurgerüst selbst besteht aus einer Anzahl von Pfosten, die in einem gegenseitigen Abstand von ca. 4,60 m (Dielenlänge) ungespitzt und lotrecht derart in den Boden eingegraben werden, dass die dem Bau abgewandten Flächen, 1—2 m von ihm entfernt, Parallelen zur künftigen Hausgrenze bilden. An den dem Bau abgewandten Seiten dieser Pfosten werden Dielen oder Hölzer genau horizontal mittels Klammern, Schrauben oder Drahtstiften solid und so hoch befestigt, dass deren Oberkanten ca. 30 cm über der ersten Hausgrundsicht liegen.

Wird dadurch die Entfernung von der derzeitigen Bodenoberfläche zu gross für die bequeme Erreichung der Diele, so konstruiert man in entsprechender Höhe mit einigen Brettern und Latten einen Laufsteg.

Dabei müssen je zwei gegenüberliegende Dielen unter sich gleiche, gegen die senkrecht anstossenden aber veränderte Höhe haben, um das „Reiten“ der später einzuhängenden Schnüre zu vermeiden. Die einzelnen Pfosten werden meist mit der Diele oben bündig schief nach abwärts abgeschnitten.

Ein-  
schnelden  
des Schnur-  
gerüstes.

Das wichtigste Erfordernis eines Schnurgerüstes ist unbedingte Stabilität nach Lage und Höhe; ehe diese erreicht ist, darf mit dem „Einschnelden“ nicht begonnen werden. Unter letzterem versteht man die Bezeichnung der Verlängerungen der Aussenwandflächen und der Zwischenwände auf den Verbindungsdielen durch Sägeeinschnitte S (s. Fig. 133) derart, dass die nach innen gerichtete Seite einer in zwei korrespondierende Einschnitte eingehängten Schnur in die genannte Flucht fällt. Meistens genügt zu diesem Zweck ein einziges Gerüst rings um die Baugrube. Bei sehr grossen Bauwesen würden indessen infolge der zu langen Schnüre leicht Unsicherheiten infolge von Wind und anderen Einflüssen entstehen. Man zieht es daher hier vor, auch im Innern

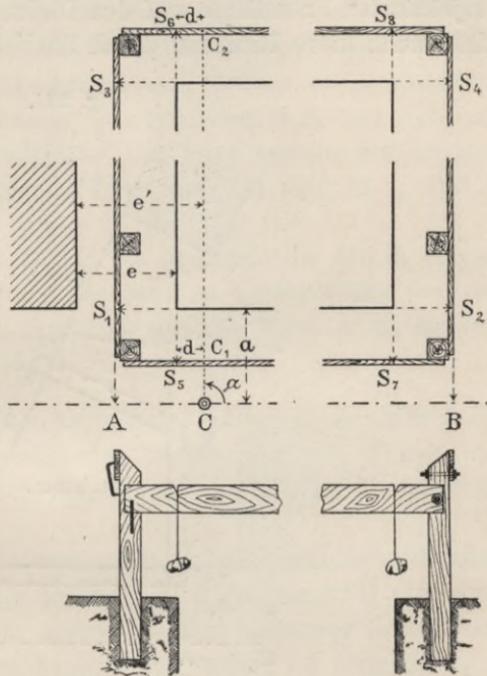
der Baugrube noch Schnurgerüste aufzubauen und auf ihnen die in Betracht kommenden Fluchten gleichfalls anzugeben.

Als Grundlage für die innere Einteilung sind zuerst die Umfangsflächen des Baues einzuschneiden. Man beginnt mit der „Baulinie“. Da sie selbst in den wenigsten Fällen direkt zugänglich ist, steckt man zunächst eine für die Durchsicht bequem liegende Parallele zu ihr ab, die entweder von versicherten Strassenachspunkten aus, oder, wo diese fehlen, von bereits an der fraglichen Strasse stehenden Gebäuden durch Herauslegen eines beliebigen konstanten Masses a rückwärts hergestellt wird.

Auf die genaue Ausgleichung der in letzterem Fall auftretenden Differenzen und ihre Ursachen soll hier nicht eingegangen werden, — in den meisten Fällen wird eine Ausgleichung nach dem Auge an Ort und Stelle genügen.

Die Schnitte A und B der endgültig angenommenen Linie mit den Verlängerungen der seitlichen Dielrichtungen werden nun (nötigenfalls mittels des Theodoliten) genau in die Parallele eingewiesen und von ihnen aus wird der Parallelabstand  $a = AS_1 = BS_2$  (oder bei um den  $\sphericalangle \alpha$  schiefer Richtung  $\frac{a}{\sin \alpha}$ ) in der Dielrichtung abgemessen. Die erhaltenen Endpunkte  $S_1$  und  $S_2$  bezeichnet man auf den Dielen sofort mittels Sägeschnitts und zwar in der Form  $\sphericalangle$ , wo die vertikale Linie die Hausflucht bezeichnet und die schiefe von aussen herein gegen den Bau verläuft. Auf der horizontalen Diele werden sodann von den genannten Einschnitten aus die Haus-tiefen  $S_1S_3 = S_2S_4$  abgemessen und auch die Endpunkte  $S_3$  und  $S_4$  eingeschnitten. In einem beliebigen Punkt C der abgesteckten Parallelen schlägt man jetzt (nötigenfalls mit dem Theodoliten) den zumeist rechten, in Ausnahmefällen aber irgendwie ermittelten oder gegebenen Winkel  $\alpha$  zwischen Baulinie und Seitenflucht an und

Fig. 133.





und  $L_2 L_3$  herzustellen durch Abmessung der Abstände  $AS_1 = a_1$  und  $BS_2 = a_2$  wie in voriger Aufgabe. Alsdann wird

$$L_2 D = \frac{a_1}{\sin \alpha} \quad \text{und} \quad L_2 E = \frac{a_2}{\sin \alpha}$$

vom Schnittpunkt  $L_2$  der Parallelen aus abgesetzt und von den erhaltenen Punkten aus (nötigenfalls mittels des Theodoliten) die Gerade  $ES_4 S_2$  sowie  $DS_3 S_1$  angegeben und eingeschnitten. Durch Einhängen der Schnüre in  $S_1$  und  $S_3$  bzw.  $S_2$  und  $S_4$  erhält man den Baulinienschnitt  $F$ , der von den inneren Seiten der Schnüre auf den Boden mittels Senkels herunterprojiziert wird. Auf dem Boden werden die meist durch Baubestimmungen gegebenen Abschrägungen  $FG$  und  $FH$  abgemessen und alsdann die gewonnenen Punkte  $G$  und  $H$  mittels zweier der Schnüre  $S_1 S_3$  und  $S_2 S_4$  angehängter Senkel heraufprojiziert. Die jetzt bequem mit blossem Auge zu nehmende Verlängerung der Linie  $GH$  wird in  $S_5$  und  $S_6$  eingeschnitten.

Das Einschneiden von  $S_7$  bis  $S_{10}$  geschieht in der in voriger Figur gezeigten Weise, nur ist die etwaige Verschiebung der vorläufigen Punkte auf der Diele für  $S_8$  und  $S_{10}$  nicht  $= d$ , sondern

$$= \frac{d}{\sin \alpha}.$$

Der Einschnitt für Zwischenmauern erfolgt schliesslich durch Abmessung der dafür projektierten Masse auf den Dielen des Schnurgerüsts von den nach bisherigem gewonnenen Umfassungslinien aus.

Um Verwechslungen vorzubeugen, wird jedem Schnitt seine Bedeutung beigeschrieben: S (Sockel), H-G (Hausgrund) etc., auch liegt es im Interesse des für seine Angaben verantwortlichen Technikers, die Anbringung der Sägeschnitte selbst zu beaufsichtigen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW





BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

# Vermessungstechnische Werke

aus dem

Verlag von Konrad Wittwer in Stuttgart.

---

---

## Logarithmisch-Trigonometrische Tafeln für neue (zentesimale) Teilung

mit

sechs Dezimalstellen

von Prof. Dr. W. Jordan.

Preis geheftet Mk. 10.—, in elegantem Halbfranz gebunden Mk. 12.—.

---

## Logarithmische u. trigonometrische Tafeln

mit vier und drei Stellen.

Herausgegeben von

Dr. H. Schoder,

Professor an der technischen Hochschule in Stuttgart.

Preis 50 Pfg.

---

## Vierstellige mathematische Tafeln

herausgegeben von

Prof. K. Teichmann und H. Gross.

Dritte Auflage.

Preis 60 Pfg.

---

## Der logarithmische Rechenstab.

Kurze Darstellung seines Gebrauchs  
nebst einer Reihe mathematischer und technischer Formeln.

Bearbeitet von C. F. Benneder, Baumeister.

Preis geheftet 80 Pfg.

---

## Graphisch-mechanische Ausgleichung trigonometrisch eingeschalteter Punkte

von

Dr. ing. Heinrich Hohenner,

Professor der Geodäsie an der Königlich Techn. Hochschule zu Stuttgart.

47 Seiten gr. 8<sup>o</sup> mit 16 Figuren, einer Zahlentabelle und 2 graph. Tafeln.

Preis geheftet Mk. 2.80.

## Neues System

der

# Flächenberechnung und Flächenteilung

mit Hilfe einer

## Planimetrischen Tafel

welche zugleich als **Produkten- und Quadrattafel** dient, nebst einer

## Sinustafel

welche in Verbindung mit der Planimetrischen Tafel bei der **Koordinatenberechnung** die Logarithmen- und Koordinaten-Tafeln mit Vorteil ersetzt und zugleich als **Sehnentafel** zu gebrauchen ist.

Mit 3 Figurentafeln und zahlreichen Ausführungsbeispielen

von **H. Ehrhardt**, Katastergeometer.

Preis geheftet Mk. 3.—, in Leinen kartoniert Mk. 3.50.

---

## Graphische Ermittlung

der

# Grunderwerbsflächen, Erdmassen

und

## Böschungsflächen

von Eisenbahnen und Strassen.

Ein neues Verfahren für allgemeine und besonders für ausführliche Vorarbeiten.

Mit 15 Zahlentabellen und 5 Tafeln Zeichnungen.

Von **Robert Wagner**, Ingenieur.

Preis kartoniert Mk. 4.—.

---

## Ueber Höhenaufnahmen.

Organisation, Betrieb und Kosten derselben

sowie

deren Verwertung in Niveaulinienkarten

im Massstab 1 : 2500 und 1 : 25 000

von **Karl Haas**, Ingenieur.

128 S. 8<sup>o</sup> mit 2 Karten. — Preis geheftet Mk. 3, 60.

# Zeitschrift für Vermessungswesen.

Organ des Deutschen Geometervereins.

Herausgegeben

von

**Dr. C. Reinhertz,**

Professor in Hannover.

und

**C. Steppes,**

Obersteuerrat in München.

Jährlich 36 Hefte, welche je am 1., 11. und 21. eines Monats  
erscheinen. Preis 10 Mark.

Inhaltsverzeichnis der Jahrgänge 1872—1904

(Band I—XXXIII).

Preis geheftet Mk. 5.—, in Originalhalbfranz gebunden Mk. 6. 80.

---

## Kalender für Vermessungswesen und Kulturtechnik

unter Mitwirkung von

**Dr. Eb. Gieseler**, Geh. Regierungsrat, Professor in Bonn-Poppelsdorf, **Dr. Ch. A. Vogler**,  
Geh. Regierungsrat, Professor in Berlin, **E. Hegemann**, Professor in Berlin, **C. Müller**,  
Professor in Bonn-Poppelsdorf, **Fr. v. Schaal**, Oberbaurat in Stuttgart, **P. Gerhardt**, Geh.  
Baurat in Berlin, **A. Hüser**, Oberlandmesser in Cassel, **W. Ferber**, gepr. Vermessungs-  
ingenieur, städt. Obvermessungsinspektor in Leipzig, **A. Emelius**, Königl. Landmesser  
in Cassel

herausgegeben von **W. v. Schleich**, Oberfinanzrat in Stuttgart.

Vier Teile und ein Anhang. Mit vielen Abbildungen. (Taschenformat.)

Teil I und II gebunden, Teil III und IV nebst Anhang geheftet.

Preis zusammen Mk. 3. 50.

== Erscheint alljährlich. ==

Inhaltsverzeichnis.

Teil I. Allgemeiner Teil. Teil II. Tafeln und Formeln. Teil III. Ver-  
messungswesen. Teil IV. Kultur- und Bautechnik.

Anhang. Personalien und Statistiken. Gebührenordnungen. Neues auf  
dem Gebiete des Vermessungswesens.

Die  
**Wagner-Fennelschen Tachymeter**

der Fabrik geodätischer Instrumente von  
**Otto Fennel Söhne in Cassel**

von  
**A. Fennel.**

Dritte verbesserte Auflage mit 51 Figuren im Text.

**Preis geheftet Mk. 2.—.**

---

**Der Hammer-Fennelsche Tachymeter-Theodolit**

**und die Tachymeter-Kippregel**

zur unmittelbaren Lattenablesung von Horizontal-Distanz  
und Höhenunterschied.

(D. R. P. No. 122901.)

**Beschreibung und Anleitung zum Gebrauch des Instruments.  
Erste Genauigkeitsversuche.**

Mit 16 Figuren im Text und 2 lithogr. Tafeln.

Von **Dr. E. Hammer,**

Prof. an der K. Techn. Hochschule in Stuttgart.

**Preis geheftet Mk. 2.80.**

---

**Die Planimeter Coradi**

ihre Theorie, Konstruktion und Genauigkeit.

Von

**J. J. Stambach.**

(Sonderabdruck aus der Schweizer. Bauzeitung.)

**Preis geheftet Mk. 1.—.**

---

**Das deutsche Vermessungswesen.**

Historisch-kritische Darstellung, auf Veranlassung des Deutschen  
Geometer-Vereins unter Mitwirkung von Fachgenossen

herausgegeben von

**Professor Dr. W. Jordan und K. Steppes.**

**2 Bände geheftet Mk. 16.—, in eleg. Halbfranz gebunden Mk. 18.50.**

I. Band: Höhere Geodäsie und Topographie des Deutschen Reiches  
von Professor Dr. W. Jordan.

II. Band: Das Vermessungswesen im Dienste der Staatsverwaltung  
von K. Steppes.

## Uebungsblätter

zum

# Plan- und Terrain-Zeichnen.

11 Blatt mit kurzer Anleitung zum Gebrauch

von

**Dr. M. Doll,**

Lehrer des Planzeichnens an der Technischen Hochschule in Karlsruhe.

Preis Mk. 2. 50.

---

## Die Kartenschrift

Anleitung zum Schreiben derselben für kartographische und technische Zwecke herausgegeben von

**A. Fretwurst.**

2. Auflage. Mit 4 Tafeln.

Preis Mk. 1.—.

---

## Vorlegeblätter für das Schriftzeichnen.

Geometrische Konstruktionen römischer und gotischer  
Schriften für Architekten u. A.

Herausgegeben von

**C. E. Fetzer.**

==== Zweite verbesserte Auflage. ====

50 Tafeln quer 4° mit Text Mk. 8.—.

---

## ==== Ronde. ====

6 Vorlageblätter für Rundschrift.

Von **A. Reicherter.**

Preis 80 Pfg.

---

## Perspektivisch quadrierte Kartons.

Von **R. S. Enblom,** Architekt in Stockholm.

3 Kartons 50 × 67 cm mit einer Anleitung zum Gebrauch.

Preis M. 3.—.

## Hilfstafeln (zum Feldgebrauch) für Geometer in Württemberg.

Zusammengestellt von  
Verm.-Inspektor STEIFF in Stuttgart.

Dieselben umfassen in gedrängter Zusammenstellung: 1. Fehlergrenzen für Längenmessungen. 2. Verwandlung von württemb. Fuss in Meter. 3. Verwandlung von württemb. Flächenmass in Metermass. 4. Fehlergrenzen für Flächenbestimmungen. 5. Fehlergrenzen für Nivellements.

Preis der Tafeln unaufgezogen 20 Pfg., auf Karton aufgezogen  
in Brieftaschenformat 30 Pfg.

---

## Technische Anweisung für das Ausmass von Bauarbeiten.

Unter Mitwirkung von  
Kgl. Baubeamten, dem Stuttgarter Verein „Bauhütte“ und dem  
württemb. Werkmeisterverein, sowie mehreren Fachgenossen  
zusammengestellt und herausgegeben vom

Württembergischen Geometerverein.

Mit 44 Figuren. Preis kartoniert Mk. 1.20.

---

## Bestimmungen über das Ausmass von Bauarbeiten.

Als Auszug aus der vom Württemb. Geometerverein im Jahre 1891  
herausgegebenen „Technischen Anweisung“  
neu zusammengestellt vom

Architekten-Club, dem Baugewerke-Verein in Stuttgart  
und dem Württemb. Geometerverein.

Mit 40 Figuren. Kartoniert Mk. 1.20.

---

## Preisliste der Baugewerbe in Württemberg.

Herausgegeben von

Fr. Kerndter, Bauamtswerkmeister in Ludwigsburg.

340 Seiten 8° mit einem Bezugsquellen-Verzeichnis.

In eleg. Leinwandband geb. Mk. 4.—.

---

## Der Eisenbetonbau seine Theorie und Anwendung.

Herausgegeben von  
Wayss & Freytag A.-G.,

Neustadt a. H., Berlin, München etc.

Verfasst von

E. Mörsch,

Professor am Polytechnikum in Zürich.

— Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. —

Mit 227 Textabbildungen und einem Anhang.

In elegantem Ganzleinenband gebunden M. 6.50.

# Technische Studienhefte.

Herausgegeben von

**Baurat Carl Schmid,**

Professor an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart.

---

Heft 1.

## Die Brenzbrücke bei Heidenheim.

Eine Plattenbalkenbrücke aus Betoneisen nach System Luipold.

48 Seiten mit 33 Abbildungen. ⚬ Preis geheftet Mk. 2.—.

---

Heft 2.

## Statik und Festigkeitslehre

nebst vielen Beispielen und einer Aufgabensammlung für Festigkeitslehre.

Elementar bearbeitet für Schule und Praxis.

**Vierte Ausgabe.**

119 Seiten mit 126 Abbildungen und 5 Tafeln in Lithographie.

Preis geheftet Mk. 4.—.

---

Heft 3.

## Holzbalkenbrücken.

90 Seiten mit 10 Abbildungen und 14 Tafeln.

Preis geheftet Mk. 4.40.

---

Heft 4.

## Kalweit-Träger.

Eine Studie über den Ersatz der gewalzten Träger und über die Tragfähigkeit der Trägerkreuze und der Trägerroste.

Zum Gebrauch für die Baupraxis bearbeitet.

245 Seiten mit 150 Abbildungen und 9 Tafeln.

Preis geheftet Mk. 6.80.

---

Heft 5.

## Asphalt, Teer, Öl im Strassenbau.

128 Seiten mit 12 Abbildungen im Text und 4 Tafeln.

Preis geheftet Mk. 5.—.

# Technische Formulare für Württemberg.

Erlaß des Kgl. Steuerkollegiums (Abteilung für direkte Steuern)  
vom 19. Jan. 1895 (Amtsblatt No. 2).

	Schwarz- druck.	Rot- druck.
Beil. VIII: Verzeichnis der trigonom. u. polygonom. Punkte à	6	—
IX: Winkelformular 1 . . . . . à	6	9
X: „ 2 . . . . . à	6	9
XI: Trigonom. Formular 1: Bildung des Mittels der beobachteten Richtungen à	6	9
XII: „ „ 2: Berechnung bei Nebenknoten . . . . . à	6	9
XIII: „ „ 3: Berechnung der Richtungswinkel und Strecken . à	6	9
XIV: „ „ 4: Abriss . . . . . à	6	9
XV: „ „ 5: Triangulierungsberechnung . . . . . à	6	9
XVI: „ „ 6: Graphische Ausgleichung à	12	15
XVII: „ „ 7: Ausgleichung nach der Methode der kleinsten Quadrate . . . . . à	6	9
XVIII: Polygonometr. Formular: Berechnung der Polygonzüge . . . . . à	6	9
XXII: Messerkunde-Formular 1. Titel . . . . . à	5	—
XXII b: „ „ 1. Einlagebogen . . . à	5	—
hierzu Zeichenpapier mit Aufdruck „Geometrischer Handriss“ à	4	—
XXIII: „ „ 2. Titel . . . . . à	5	—
XXIII b: „ „ 2. Einlagebogen . . . à	5	—
Zentrierungsformular . . . . . à	10	—

Baumesserkundeformular . . . . . à	4 Pfg.
Fecht, Längenprofil-Lineamente . . . . . à	6 „
— „ „ Schema . . . . . à	30 „
Schlebach, W., Kgl. Obersteuerrat. Vermessungstabellen . . . à	4 „
Form. I: Für Winkelmessungen bei Triangulierungen und Stationierungen (Repetitionsbeobachtungen).	
„ II: Dasselbe (Richtungsbeobachtungen).	
„ III: Für Nivellements.	
„ IV: Für tachymetr. Aufnahmen.	
Beispiele hierzu . . . . . à	25 Pfg.
Situationsplan-Formular (Massstab 1:500 und 1:250) . . . . . à	5 „
Inhaltsverzeichnis zu den Messungsmanualen der Katastergeometer	
Bogen 1. 2. 3. 4. 5. à	6 „







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297676