

Dr. L. Mintrop

Markscheidekunde

Einführung in die Markscheidekunde

mit besonderer Berücksichtigung des
Steinkohlenbergbaus

Von

Markscheider **Dr. L. Mintrop**

Lehrer an der Bergschule zu Bochum

Mit 191 Textfiguren und 5 lithographierten Tafeln



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

ISBN 978-3-662-42814-6 ISBN 978-3-662-43096-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-43096-5

Alle Rechte, insbesondere das der
Übersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

Vorwort.

Zu der Abfassung des vorliegenden Buches bin ich veranlaßt worden durch das mir in meinem Lehramt entgegengetretene Bedürfnis nach einem Werke, welches geeignet ist, die angehenden technischen Grubenbeamten soweit in die Markscheidekunde einzuführen, als es für ihre späteren Stellungen notwendig oder wünschenswert erscheint. Der hierdurch gekennzeichnete Zweck des Buches bestimmte die Auswahl und die Behandlung des Stoffes, wobei naturgemäß besondere Rücksicht auf die Verhältnisse im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk genommen wurde. Es kommt diese Beschränkung außer in vielen Messungsbeispielen vor allem in dem Abschnitt über die Grubenbilder und in den farbigen Tafeln zum Ausdruck, auf denen die verschiedenen Rißarten des Grubenbildes im Oberbergamtsbezirk Dortmund dargestellt sind. Auf die Beifügung und die farbige Ausführung dieser Tafeln wurde besonderer Wert gelegt, weil das Verständnis des Grubenbildes für den technischen Grubenbeamten das Wichtigste aus der Markscheidekunde ist. Eine gründliche Kenntnis der Rißarten setzt aber bis zu einem gewissen Grade auch das Verständnis der Unterlagen, insbesondere der Messungen und Berechnungen voraus, auf denen die bildlichen Darstellungen beruhen. Dementsprechend waren auch die hauptsächlichsten Instrumente und Meßmethoden zu behandeln, umsomehr, als von den technischen Grubenbeamten verlangt wird, daß sie kleinere markscheiderische Messungen ausführen und einfache Aufgaben lösen können. Mit Rücksicht hierauf sind in dem letzten Abschnitt die am häufigsten vorkommenden Aufgaben durch Figuren und Beispiele ausführlich erläutert worden.

Wenn das Buch umfangreicher ist als es für seinen oben ausgesprochenen Zweck auf den ersten Blick notwendig erscheinen mag, so liegt der Grund dafür einmal in der Notwendigkeit, einen einigermaßen vollständigen Überblick über die Grundzüge der Markscheidekunde zu bieten, ferner in der Ausstattung des Buches mit zahlreichen Figuren und ausführlichen Messungs- und Berechnungsbeispielen. Die einzelnen Absätze sind jedoch kurz und soviel als möglich so abgefaßt worden, daß dem jeweiligen Bedürfnis entsprechend eine Auswahl unter ihnen getroffen werden kann. Das Buch wendet sich also in erster

Linie an alle, die einen Einblick in die Markscheidkunde tun wollen, jedoch werden auch die angehenden Markscheider und vor allem die Markscheidergehilfen manches Wissenswerte darin finden, worüber eine zusammenfassende Darstellung bisher nicht geboten worden ist.

Der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, welche ihre Zeichenkräfte zur Verfügung stellte, sei auch an dieser Stelle bestens gedankt. Die Zeichnungen zu den Figuren und Tafeln sind nach Entwürfen des Verfassers durch den berggewerkschaftlichen Zeichner Herrn Fr. G r i e s angefertigt worden.

Den Herren Markscheidern G. S c h u l t e und W. L ö h r danke ich herzlichst für ihre tatkräftige Unterstützung beim Lesen der Korrekturen.

B o c h u m, im Mai 1912.

Mintrop.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.	Seite
Gegenstand der Markscheidekunde.	1
Erster Abschnitt.	
Allgemeines über die Orientierung auf der Erde	2
1. Horizont. 2. Erdkrümmung und Kugelgestalt der Erde. 3. Größenverhältnisse der Erde. 4. Rotation der Erde. 5. Abplattung der Erde. 6. Lotrichtung. 7. Nord-Süd-Richtung oder astronomischer Meridian. 8. Einteilung des Horizontes. 9. Winkelteilung im Horizont. Azimut. 10. Einteilung der Erdkugel. 11. Tageszeiten. 12. Allgemeines über Abbildungsflächen und Koordinatensysteme. 13. Dreiecksmessungen der Preußischen Landesaufnahme. 14. Dreiecksmessungen im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk und das Bochumer Koordinatensystem.	
Zweiter Abschnitt.	
Die einfachen Instrumente zur Bestimmung vertikaler, horizontaler und geneigter Richtungen.	22
Allgemeines.	
I. Die Instrumente zur Bestimmung vertikaler und horizontaler Richtungen.	
15. Lot. 16. Setz- oder Bleiwage. 17. Wasserwage oder Libelle.	
II. Instrumente zur Bestimmung geneigter Richtungen.	
Allgemeines. — 18. Libellenquadrant. 19. Gradbogen.	
Dritter Abschnitt.	
Die Bezeichnung von Punkten und die Längenmessungen.	30
I. Die Bezeichnung von Punkten.	
Allgemeines. 20. Punktbezeichnung über Tage. 21. Punktbezeichnung unter Tage.	
II. Die Längenmeßwerkzeuge.	
22. Längeneinheit. 23. Alte Längenmaße. 24. Meßplatten. 25. Meßbänder. 26. Meßketten.	
III. Die Vergleichsapparate (Komparatoren) für Längenmeßwerkzeuge.	
Allgemeines. 27. Vergleichsapparat für Meßplatten. 28. Vergleichsapparat für Meßbänder. 29. Vergleichsapparat für Meßketten.	
IV. Die Längenmessungen.	
30. Abstecken und Ausfluchten einer Linie. 31. Allgemeines über Längenmessungen. 32. Messungen mit Meßplatten. 33. Messungen mit dem Stahlmeßband. 34. Messungen mit der Meßkette. 35. Genauigkeit der Längenmessungen. 36. Schachttiefenmessungen.	

Vierter Abschnitt.		Seite
Das Abstecken rechter Winkel.		50
I. Die Konstruktion rechter Winkel durch Längenmessungen.		
37. Allgemeines. 38. Errichten von Senkrechten. 39. Fällen von Senkrechten.		
II. Die Instrumente zum Abstecken rechter Winkel.		
40. Diopterinstrumente. 41. Spiegelinstrumente.		
Fünfter Abschnitt.		
Kleine Lageaufnahmen über Tage und die Herstellung von Lageplänen.		57
I. Die Aufnahme von Gebäuden und sonstigen Tagesanlagen.		
II. Die Herstellung von Lageplänen.		
III. Die Aufnahme und Berechnung von Flächen nach den Messungszahlen.		
42. Flächenmaße. 43. Flächenaufnahme. 44. Zulage einer Fläche.		
IV. Die Flächenberechnung aus Plänen.		
45. Berechnung geteilter Flächen. 46. Flächenberechnung aus Koordinaten. 47. Flächenermittlung durch Schätzung. 48. Flächenermittlung mit einem Polarplanimeter. 49. Berücksichtigung des Papiereinganges. 50. Genauigkeit der Flächenaufnahmen und Flächenberechnungen.		
Sechster Abschnitt.		
Die Grubenfelder		73
I. Die Geviertfelder.		
51. Preußische Geviertfelder. 52. Geviertfelder in den übrigen deutschen Bundesstaaten.		
II. Die Längfelder.		
53. Allgemeines. 54. Längfeld ohne Vierung. 55. Längfeld mit kleiner Vierung. 56. Längfeld mit großer Vierung.		
Siebenter Abschnitt.		
Die Kompaßmessungen		79
I. Allgemeines über die erdmagnetische Richtkraft.		
57. Inklination und Deklination der Magnetnadel. 58. Änderung der Deklination mit dem Orte. 59. Änderung der Deklination mit der Zeit.		
II. Der Kompaß des Markscheiders.		
60. Einrichtung und Gebrauch. 61. Orientierunglinie. 62. Fehler des Kompasses.		
III. Die Ausführung eines Kompaßzuges.		
63. Allgemeines. 64. Beispiel einer Kompaßmessung.		
IV. Die Genauigkeit einer Kompaßmessung.		
Allgemeines. 65. Längfehler. 66. Richtungsfehler. 67. Ablenkung der Kompaßnadel durch Eisen und elektrische Ströme.		
V. Hilfseinrichtungen bei Anwendung der Magnetnadel im Bereich ablenkender Einflüsse.		
68. Allgemeines. 69. Verfahren der Kreuzschnüre. 70. Bussole.		

VI. Die Zulage eines Kompaßzuges.

Seite

71. Allgemeines. 72. Zulage mit der Zulegeplatte. 73. Zulage mit der Gradscheibe. 74. Zulage mit dem Zulegetransporteur. 75. Genauigkeit der Zulage eines Kompaßzuges.

Achter Abschnitt.

Die Theodolitmessungen. 112

76. Allgemeines. 77. Anschluß der Grubenmessungen an die Tagesmessungen. 78. Allgemeine Beschreibung des Theodolits. 79. Aufstellung des Theodolits. 80. Fehler des Theodolits. 81. Ausführung einer Theodolitmessung. 82. Beispiele einer Winkelmessung; a) mit einem einfachen Theodolit, b) mit einem Repetitionstheodolit. 83. Berechnung eines Theodolitzuges. (Beispiel.) Genauigkeit einer Theodolitmessung.

Neunter Abschnitt.

Höhenmessungen. 127

85. Allgemeines.

A. Die geometrischen Nivellements.

I. Übersicht.

86. Landeshorizont und grundlegendes Nivellement der Königlich Preußischen Landesaufnahme. 87. Grundnivellement des Königlichen Oberbergamtes in Dortmund und Nivellements der Zechen.

II. Nivellierlatten und Nivellierinstrumente.

a) Nivellierlatten.

88. Allgemeine Beschreibung und Prüfung einfacher Nivellierlatten.

b) Nivellierinstrumente.

89. Allgemeine Beschreibung der Nivellierinstrumente mit festverbundenen Teilen. 90. Aufstellung des Nivellierinstrumentes. 91. Prüfung und Berichtigung des einfachen Nivellierinstrumentes. 92. Nivellierinstrumente mit kippbarem Fernrohr und fester Libelle. 93. Nivellierinstrumente mit drehbarem Fernrohr und Wendelibelle (Reversionslibelle).

III. Die Ausführung und Berechnung geometrischer Nivellements.

94. Allgemeines. 95. Festpunkt-Nivellement. 96. Beispiel eines Festpunktnivellements. 97. Längennivellement. 98. Beispiel eines Längennivellements. 99. Auftragung eines Längennivellements und Massenberechnung. 100. Flächennivellement und Konstruktion von Höhenkurven.

IV. Die Genauigkeit der geometrischen Nivellements.

101. Allgemeines. 102. Fehlergrenzen.

B. Die trigonometrischen Nivellements.

103. Allgemeines.

Zehnter Abschnitt.

Grubenbilder und andere bergmännische Karten 159

I. Grubenbilder.

104. Allgemeines. 105. Zulege- oder Fundamentalarisse. 106. Einteilung des Grubenbildes. 107. Situationsriß. 108. Hauptgrundriß. 109. Profile. 110. Spezialabbaurisse. 111. Nachtragung der Grubenbilder. 112. Bestimmungen über die Ausführung von Präzisionsmessungen. 113. Erhaltung der Markscheiderzeichen und Festpunkte.

II. Berechtsamsrisse.		Seite
114. Mutungsrisse.	115. Verleihungsrisse.	116. Konsolidationsrisse.
III. Sonstige Kartenwerke.		
117. Felderkarten.	118. Übersichtskarten.	119. Geologische Karten.
120. Normalprofile.		
Elfter Abschnitt.		
Besprechung und Lösung einfacher Aufgaben aus der Markscheid-		
kunde		172
121. Streichen einer Gebirgsschicht und einer Störung bestimmen.		
122. Fallen einer Gebirgsschicht und Störung bestimmen. 123. Mächtigkeit		
einer Gebirgsschicht bestimmen. 124. Aufnahme eines geologischen		
Profils (Gebirgsschichtenaufnahme). 125. Kohlenberechnung. 126. Stunde		
hängen (mit dem Kompaß). 127. Auffahren nach einer Stunde. 128. Durch-		
schlagsrichtung mit dem Kompaß angeben. 129. Bremsberg nivellieren und		
Einfallen ausgleichen. 130. Fördergestänge nach einem gegebenen Ansteige-		
verhältnis richten. 131. Strecke nivellieren und die Sohle ausgleichen.		
132. Höhendurchschlag angeben. 133. Kurve abstecken. 134. Kreuzlinien		
konstruieren. 135. Ausrichtung von Störungen. 136. Ermittlung der seit-		
lichen Verschiebung einer verworfenen Lagerstätte aus dem seigeren Ver-		
wurf einer Störung und umgekehrt. 137. Streichen und Fallen eines Flözes		
aus den Aufschlüssen in drei Bohrlöchern bestimmen. 138. Ausgehendes		
einer Lagerstätte und Störung zeichnen.		
Anhang.		
Zahlentafeln der Seigerteufen und Sohlen		205
Sachregister		210

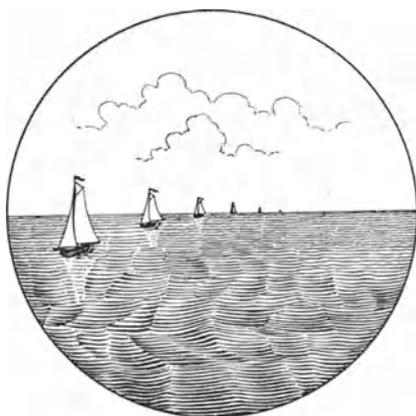
Einleitung.

Gegenstand der Markscheidekunde. Die Markscheidekunde umfaßt die Lehre von der Vermessung und bildlichen Darstellung der Grubenfelder und Grubenbaue. Insbesondere lehrt sie die Herstellung des Grubenbildes, d. h. eines Kartenwerkes, welches die Feldegrenzen oder „Markscheiden“, die Tagesanlagen und sämtliche unterirdischen Strecken und Abbaufelder enthält. Das Grubenbild ist die unentbehrliche Unterlage für die Aufstellung und Durchführung des Betriebsplanes und dessen Überwachung durch die Bergbehörde.

Soweit die markscheiderischen Messungen die Darstellung der Tagesoberfläche zum Ziele haben, gehören sie in das Gebiet der allgemeinen Landmessung. Mit dem Vordringen in die Tiefen der Erde werden aber besondere Instrumente und Arbeitsmethoden erforderlich, die der Markscheidekunde allein eigentümlich sind. Es dürfte sich empfehlen, zunächst die Grundlagen der allgemeinen Landmessung zu besprechen und dann in besonderen Abschnitten auf die rein markscheiderischen Messungen und Berechnungen einzugehen. Eine vollständige Trennung der beiden Arbeitsgebiete ist jedoch nicht möglich, weil viele Instrumente und Meßmethoden sowohl über Tage als auch in der Grube angewendet werden.

Allgemeines über die Orientierung auf der Erde.

1. Der Horizont. In der Ebene erscheint die Erdoberfläche als eine weitausgedehnte Fläche, auf welcher das Himmelsgewölbe in einem großen Kreise aufsetzt. Man nennt diesen Gesichtskreis scheinbaren Horizont. Die Ebene, welche sich rings um den Beobachter ausbreitet,



heißt Horizontalebene. In den meisten Fällen ist die Horizontalebene durch Erhebungen und Vertiefungen der Erdoberfläche unterbrochen, man bezieht darum alle Messungen auf die Horizontalebene durch den Beobachtungspunkt.

2. Erdkrümmung und Kugelgestalt der Erde.

Schreitet ein Beobachter von einem beliebigen Punkte der Erdoberfläche aus weiter, so tauchen vor ihm allmählich neue Gebiete auf, während andere hinter ihm unter den scheinbaren Horizont sinken. Aus dieser Erscheinung ist zu schließen, daß die Erdoberfläche auch abgesehen von Berg und Tal gekrümmt ist. Am deutlichsten fällt die Krümmung am Meere auf, indem von

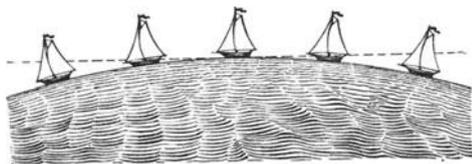
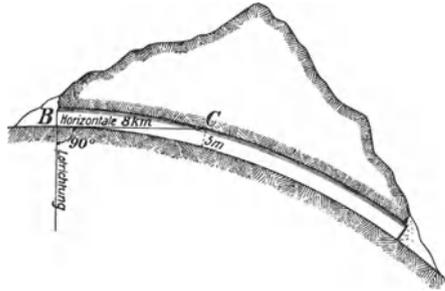


Fig. 1. Kugelgestalt der Erde.

einem ausfahrenden Schiffe zunächst der Rumpf und erst allmählich der Mast verschwindet. Bei der Annäherung eines Schiffes beobachtet man die umgekehrte Erscheinung (Fig. 1). Die Schnellig-

keit des Verschwindens oder Auftauchens ist unabhängig von der Richtung, in der die Schiffe fahren, woraus folgt, daß die Meeresoberfläche nach allen Seiten gleichmäßig gekrümmt ist, sie stellt daher eine Kugeloberfläche dar. Auf dem Festlande ist die Kugelgestalt der Erde wegen der Verzerrung durch Berg und Tal schwerer zu beobachten. Sie bewirkt jedoch, daß der Halbmesser des Gesichtskreises eines Beobachters, dessen Auge sich 1,6 m über dem Boden befindet, in einer Ebene nur $4\frac{1}{2}$ km beträgt.



Infolge der Erdkrümmung kann man z. B. auch nicht durch den 20 km langen Simplontunnel sehen (Fig. 2).

Fig. 2. Einfluß der Erdkrümmung in einem Tunnel.

3. Die Größenverhältnisse

der Erde. Der Halbmesser der Erdkugel beträgt im Mittel 6370 km, ihr Umfang $2\pi \cdot 6370 =$ rd. 40 000 km. Die Erdoberfläche umfaßt 510 000 000 qkm, der Kubikinhalt beträgt 1 080 000 000 000 = rd. 1 Billion ekm.

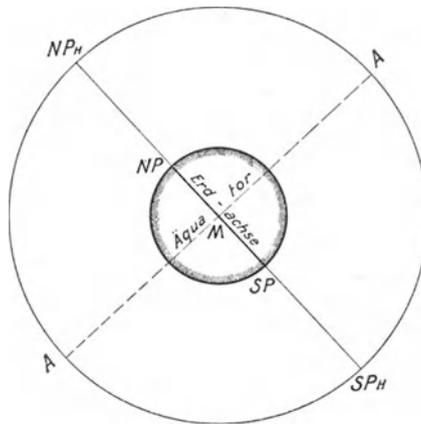


Fig. 3. Erdachse und Äquator.

4. Die Rotation der Erde. Im Laufe eines Tages, genauer in 23 Stunden 56 Minuten 4 Sekunden dreht sich die Erdkugel einmal um sich selbst. Die Umdrehungsachse, Erdachse, durchstößt die Erdoberfläche in dem Nord- und Südpol (NP und SP Fig. 3). In der Verlängerung der

Erdachse liegen am Himmelsgewölbe die entsprechenden Himmelspole (NP_H und SP_H). Die Lage der Erd- und Himmelspole ist abgesehen von ganz geringen Schwankungen, welche nur mit den feinsten astronomischen Instrumenten wahrnehmbar sind, unveränderlich.

Die Ebene, welche im Erdmittelpunkt senkrecht auf der Erdachse steht, schneidet die Erdoberfläche in einem größten Kreise, dem Äquator (Fig. 3). Der Äquator teilt die Erde in zwei gleiche Teile, in die nördliche und südliche Halbkugel. Dehnt man die Äquatorebene bis zum scheinbaren Schnitt mit dem Himmelsgewölbe aus, so erhält man den Himmelsäquator, durch welchen der Sternenhimmel in eine nördliche und eine südliche Hälfte zerlegt wird.

Am Äquator ist die Umfangsgeschwindigkeit der Erde am größten und zwar gleich $\frac{40\,000}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 464$ m/sek. Obschon alle Gegenstände an der Erdoberfläche und alle Lebewesen die schnelle Drehung

mitmachen, so geht sie doch dem persönlichen Empfinden verloren, weil die Anziehungskraft der unter unseren Füßen liegenden ungeheuren Erdmassen bedeutend größer ist, als die bei der Rotation auftretende Fliehkraft. Mit dem Foucaultschen Pendelversuch läßt sich die Umdrehung der Erde direkt beweisen.

Hängt man nämlich einen schweren Körper an einem langen dünnen Faden auf und versetzt ein solches Pendel in Schwingungen, so behält die Schwingungsebene ihre Richtung bei, während die Erde sich unter ihr weiterdreht (Fig. 4). An den Polen beträgt die Drehung in 24 Stunden 360° , am Äquator ist sie gleich Null.

Ein anderer Versuch beruht auf der oben erwähnten gleichzeitigen Wirkung von Anziehungs- und Fliehkraft. Je weiter ein

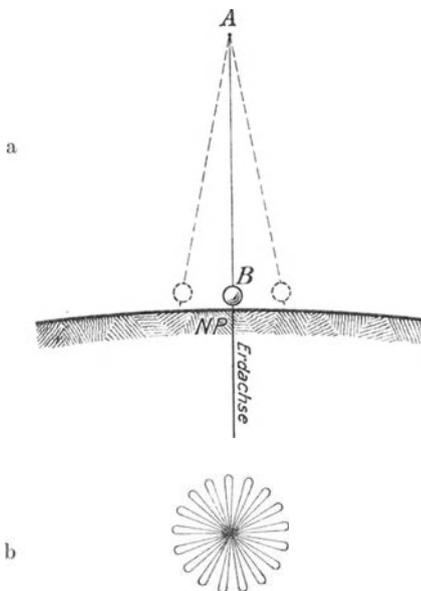


Fig. 4. Nachweis der Erddrehung durch den Foucaultschen Pendelversuch.

- a) Vertikalschnitt durch die Schwingungsebene des Pendels.
- b) Grundriß der Schwingungsfigur.

Punkt vom Erdmittelpunkt entfernt ist, desto größer ist seine Umfangsgeschwindigkeit. Läßt man also einen spezifisch schweren Gegenstand, etwa eine Bleikugel, von einem Turme oder in einem Schacht her-

runterfallen, so wird er infolge der größeren Umfangsgeschwindigkeit im Beginn der Fallbewegung in der Richtung der Erddrehung, d. h. von West nach Ost, voraneilen. Der Aufschlagpunkt liegt also nicht senkrecht unter dem Ausgangspunkt, die Abweichung beträgt bei einer Fallhöhe von 150 m bereits 3 cm.

5. Die Abplattung der Erde. Eine Folge der Rotation der Erde ist die Abplattung an den Polen. Da die Fliehkraft am Äquator am größten ist und nach den Polen hin bis auf Null herabsinkt, so treten die Erdmassen in der Nähe des Äquators aus der Kugelform hervor, es bildet sich ein wulstartiger Ring. Die Erde nimmt dadurch die Gestalt eines Rotationsellipsoids an mit den Halbachsen $a = 6378$ km (Äquatorhalbmesser) und $b = 6357$ km (halbe Erdachse) (Fig. 5). Das Abplattungsverhältnis $\frac{a-b}{a}$ ist ungefähr gleich $1/300$. Bei vielen geodätischen

Rechnungen kann die Abplattung vernachlässigt und die Erde als eine vollkommene Kugel angesehen werden. Andererseits werden bei den feinsten Messungen, welche die Unterlage für die Darstellung großer Länder bilden, noch die

kleinen Abweichungen der wahren Gestalt der Erdoberfläche von der Form des Rotationsellipsoids berücksichtigt. Man nennt die tatsächliche Gestalt der Erde „Geoid“ und versteht darunter die unter dem Festlande fortgesetzt gedachte Niveaufläche der ruhenden Meere.

Man kann die wahre Gestalt der Erde nach verschiedenen Methoden bestimmen, z. B. durch die Messung der Anziehungskraft

(Erdbeschleunigung) mittels Pendelbeobachtungen. Am Äquator schwingt ein Pendel langsamer als an den Polen, weil es dort wegen der größeren Entfernung vom Massenmittelpunkt (Erdmittelpunkt) und der größeren Fliehkraft schwächer angezogen wird. Ähnlich verhält es sich an allen Punkten der Erdoberfläche zwischen dem Äquator und den Polen.

6. Die Lotrichtung. Die Richtung der Erdbeschleunigung (Schwerkraft) ist für jeden Punkt der Erdoberfläche verschieden. Sie läßt sich durch die Richtung eines freihängenden Lotfadens verkörpern. Sämtliche Lotrichtungen konvergieren gegeneinander und laufen annähernd im Erdmittelpunkt zusammen; dies würde genau zutreffen, wenn die

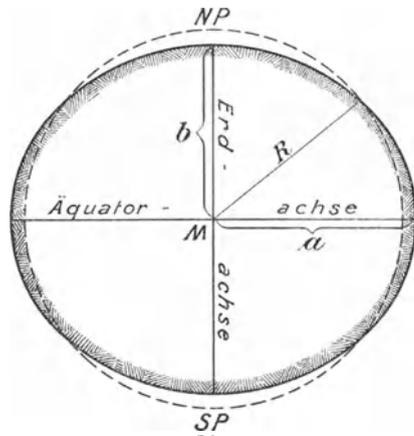


Fig. 5. Abplattung der Erdkugel.

Erde eine vollkommene Kugel wäre. Die Neigungen der Lotrichtungen gegeneinander, die Lotkonvergenzen, bewirken, daß die Entfernung zweier Punkte in verschiedenen Höhenlagen ungleich ist. Bei größeren markscheiderischen Messungen ist diese Erscheinung leicht zu beobachten. Verbindet man z. B. zwei Schächte, deren Abstand über Tage genau

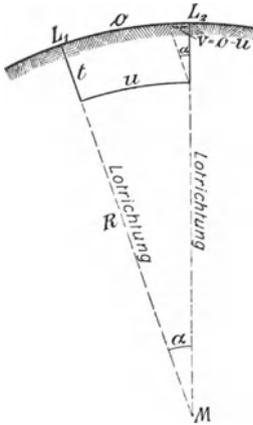


Fig. 6. Lotkonvergenz.

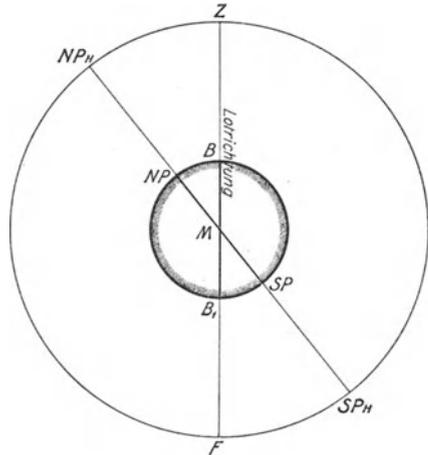


Fig. 7. Vier Hauptpunkte auf der Erde bzw. am Himmelsgewölbe.

3000,00 m betragen möge, durch eine fehlerfrei angenommene Messung in 500 m Teufe, wobei in beiden Schächten Anschlußlote zu hängen sind, so beträgt die Länge unter Tage nur noch 2 999,76 m, sie ist infolge der Konvergenz der beiden Lotrichtungen um 24 cm kürzer geworden. Die Neigung der Lotrichtungen gegeneinander und die Verkürzung einer Linie infolge der Lotkonvergenz lassen sich im voraus berechnen. In der Figur 6 seien L_1M und L_2M die beiden Lotrichtungen, α ihr Konvergenzwinkel, o die Entfernung der Lote über Tage, u der Abstand derselben in der Teufe t und R der Erdhalbmesscr. Dann bestehen die Beziehungen:

$$\frac{\alpha}{360^\circ} = \frac{o}{2 \pi R} \quad \text{oder} \quad \alpha = \frac{o}{R} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{o}{R} \cdot \rho$$

und

$$v = o - u = \frac{o}{R} t.$$

Da alle Lotrichtungen nach der Teufe zu konvergieren, so werden auch die an der Tagesoberfläche vermessenen Grubenfelder mit dem Fortschreiten des Bergbaus in die Tiefe kleiner. Ein Normalfeld von

2200000 qm ist bei quadratischem Grundriß in 1000 m Teufe aber immerhin noch 2 199 300 qm groß, die Abnahme von nur 700 qm oder 0,03 % ist verhältnismäßig klein. Die Abhängigkeit der Länge einer Linie bzw. der Größe einer Fläche von ihrer Höhenlage nötigt jedoch zur Einführung einer bestimmten Vermessungsebene, des sogenannten Vermessungshorizontes, als welcher die Meereshöhe gilt.

Verlängert man die Lotlinie eines Beobachtungspunktes (B in der Fig. 7) nach oben bis zum scheinbaren Durchstoß des Himmelsgewölbes, so erreicht man den Scheitelpunkt oder das Zenit Z; die untere Verlängerung der Lotrichtung geht durch den Erdmittelpunkt M, durchstößt dann die gegenüberliegende Erdoberfläche in dem Gegenpunkt oder Antipodenpunkt (Antipoden = Gegenfüßler) B_1 und trifft das Himmelsgewölbe im Fußpunkte oder Nadir F.

7. Die Nord-Süd-Richtung oder der astronomische Meridian. Die vier Punkte B, NP, B_1 , SP auf der Erde bzw. die entsprechenden Punkte Z, NP_H , F, SP_H (Fig. 7) am Himmelsgewölbe liegen auf einem Kreise, dessen Ebene die Welt in eine östliche und eine westliche Hälfte trennt. Man nennt den Kreis Meridiankreis, die Ebene Meridianebene; die letztere steht im Beobachtungspunkt lotrecht und geht durch den

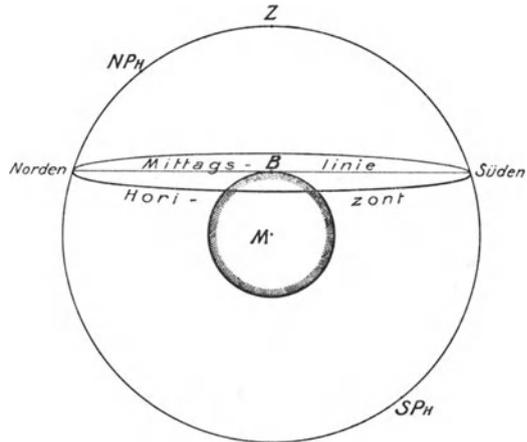


Fig. 8. Mittagslinie oder Meridian.

Erdmittelpunkt. Da der Beobachter B seinen Standpunkt auf der Erdoberfläche beliebig wechseln kann, so gibt es unendlich viele Meridiankreise, die aber sämtlich in den unveränderlichen Erd- oder Weltpolen zusammenlaufen.

Die Schnittlinie der Meridianebene mit dem scheinbaren Horizont des Beobachtungsortes ergibt die Nord-Süd-Linie oder Mittagslinie (Fig. 8), welche auch Meridian genannt wird. Die Bezeichnung Mittagslinie rührt von der Erscheinung her, daß die Sonne gegen Mittag durch die Meridianebene geht und dann gerade über dem Südpunkt des Horizontes steht.

8. Die Einteilung des Horizontes. Der Horizont wird durch die Nord-Süd-Linie in zwei Hälften geteilt, von denen diejenige, in welcher

Sonne, Mond und Sterne aufgehen, die östliche, die Untergangsseite die westliche genannt wird. Am 21. März und 23. September geht die Sonne gerade in der Mitte der östlichen Hälfte, in dem Ostpunkte, auf und in

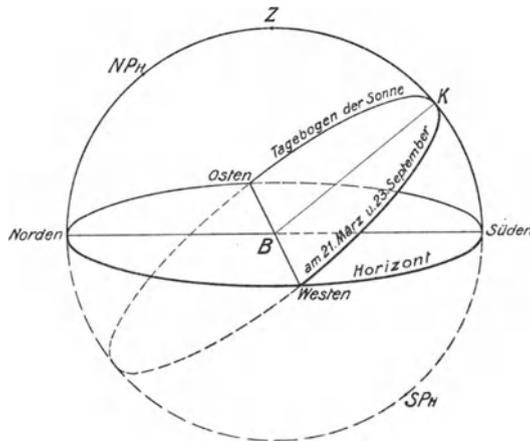


Fig. 9. Osten und Westen.

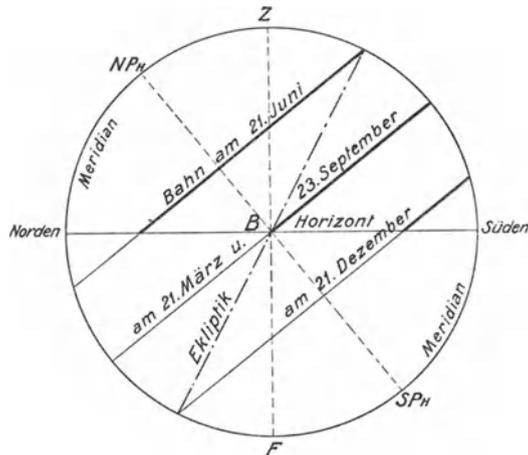


Fig. 10. Bahn der Sonne bzw. Tag und Nacht in den verschiedenen Jahreszeiten.

der Mitte der westlichen Hälfte, in dem Westpunkte, unter. Sie steht demnach gerade 12 Stunden über dem Horizont und 12 Stunden unter demselben, es ist die Zeit der Tag- und Nachtgleichen (Fig. 9).

Bis zum 21. Juni rücken Aufgangs- und Untergangspunkt der Sonne immer weiter nach Norden hin, der Tagebogen wird größer, der Nachtbogen kleiner. Am 21. Juni steht die Sonne am höchsten, sie

kehrt dann in der Bahn der Ekliptik scheinbar um, erreicht am 23. September wieder die Ost- und Westpunkte und sinkt bis zum 21. Dezember in die tiefste Stellung; der Tag ist dann am kürzesten, die Nacht am längsten (Fig. 10).

Hauptrichtungen im Horizont. Die vier Punkte: Nord, Ost, Süd und West sind die vier Haupt- oder Kardinalpunkte am Horizont.

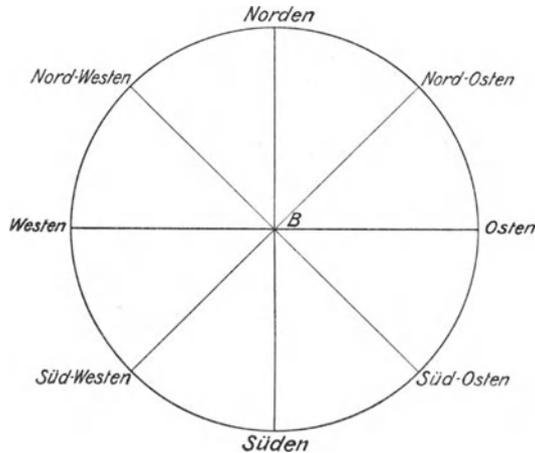


Fig. 11. Haupthimmelsrichtungen.

Durch die vier Haupt- oder Kardinalrichtungen Norden, Osten, Süden, Westen wird die Ebene des Horizontes in vier Teile, Quadranten, zerlegt. Halbiert man diese, so entstehen die vier neuen Himmelsrichtungen: Nord-Osten = NO, Süd-Osten = SO, Süd-Westen = SW, Nord-Westen = NW (Fig. 11).

Windrose. Bei weiterer Halbierung entsteht die 16 teilige Windrose (Fig. 12), so benannt nach der Angabe der Windrichtungen. Die neuen Richtungen lauten:

Nord-Nord-Ost = NNO
 Ost-Nord-Ost = ONO
 Ost-Süd-Ost = OSO
 Süd-Süd-Ost = SSO
 Süd-Süd-West = SSW
 West-Süd-West = WSW
 West-Nord-West = WNW
 Nord-Nord-West = NNW.

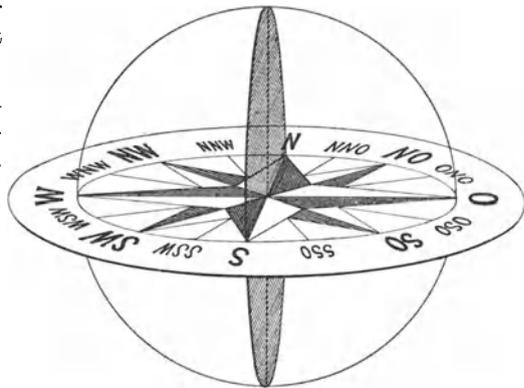


Fig. 12. Windrose.

Kompaßrose. Halbiert man die 16 Winkel der Windrose abermals, so entsteht die vom Seefahrer benutzte Kompaßrose mit 32 Richtungen.

9. Die Winkelteilung im Horizont. Das Azimut. Statt den Umkreis des Horizontes durch fortgesetztes Halbieren zu zerlegen, teilt man ihn auch wie den Kreis in 360 gleiche Teile oder Grade, so daß also jeder Viertelkreis oder Quadrant 90° enthält. Jeder Grad wird in 60 Bogenminuten ($60'$), jede Bogenminute in 60 Bogensekunden ($60''$) untergeteilt. Ein Vollkreis hat demnach $360 \times 60 \times 60 = 1\,296\,000$ Bogensekunden.

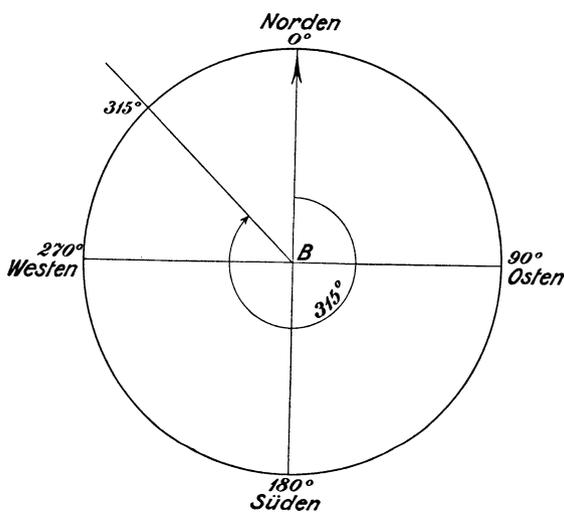


Fig. 13. Azimut.

Die Zählung der Grade im Horizont beginnt mit 0° im Norden und läuft rechtssinnig über Osten (90°), Süden (180°), Westen (270°) nach Norden ($360^\circ \equiv 0^\circ$) zurück.

Azimut. Der Winkel, den eine beliebige Richtung in der Horizontalebene mit der Nordrichtung bildet, heißt Azimut. Eine Linie, die genau nach Osten gerichtet ist, hat also das Azimut 90° , eine genau nach Westen führende 270° , nach Nordwesten 315° usw. (Fig. 13). Die Nordrichtung oder der Meridian hat das Azimut 0° .

10. Die Einteilung der Erdkugel. Der Äquator teilt die Erdkugel in eine nördliche und eine südliche Hälfte. Jede dieser beiden Halbkugeln zerlegt man durch beliebig viele weitere zum Äquator parallele Kreise in einzelne Abschnitte. Die Abstände dieser Parallel- oder Breitenkreise werden in Graden angegeben und zwar zählt man den Winkel, welchen die Lotlinie des Beobachtungspunktes mit dem Halb-

messer des Äquators bildet. Der Äquator hat die Breite 0° , von da aus zählt man nach Norden positiv bis $+90^\circ$ im Nordpol und nach Süden negativ bis -90° im Südpol (Fig. 14). Jeder Punkt der Erdoberfläche hat demnach eine ganz bestimmte geographische Breite, Bochum z. B. $+51\frac{1}{2}^\circ$, d. h. der auf dem Meridian gemessene Abstand vom Äquator bis Bochum beträgt im Winkelmaß $51\frac{1}{2}^\circ$. Da nun der Umfang der Erde 40 000 km oder ein Erdquadrant 10 000 km beträgt, so entsprechen 1° Breitenunterschied $\frac{10\,000}{90} = 111$ km. Die Entfernung Bochums vom Äquator ausgedrückt im Längenmaß beträgt demnach $51\frac{1}{2} \times 111 = 5700$ km.

Der Winkel von $51\frac{1}{2}^\circ$ ist übrigens derselbe, unter welchem man in Bochum den Nordpol des Himmels sehen würde, wenn derselbe überhaupt sichtbar wäre. Man nennt die geographische Breite darum auch Polhöhe. In der Nähe des nördlichen Himmelpoles steht der Polarstern, der ungefähr unter dem Winkel der geographischen Breite erscheint.

Außer dem Äquator sind zwei Breitenkreise von besonderer Bedeutung, auf der nördlichen Halb-

kugel der Wendekreis des Krebses und auf der südlichen der Wendekreis des Steinbocks, beide in $23\frac{1}{2}^\circ$ -Abstand vom Äquator. Sie schließen die sogenannte heiße Zone ein, welche alle Orte der Erde umfaßt, über denen die Sonne im Laufe des Jahres einmal senkrecht steht.

Die Meridiankreise, welche alle durch die beiden Pole gehen, stehen auf dem Äquator senkrecht. Es gibt unter ihnen keinen von der Natur besonders ausgezeichneten Kreis, von welchem aus die Zählung beginnen könnte, ähnlich wie es bei den Breitenkreisen vom Äquator aus geschieht. Infolgedessen bleibt die Wahl eines bestimmten Meridians zum Nullmeridian der freien Vereinbarung überlassen. Bei der Preußischen Landesvermessung rechnet man vom Meridian der Berliner Sternwarte aus, $31^\circ 3' 41,5''$ östlich vom Meridian von Ferro. Neuerdings ist im internationalen Verkehr der Meridian von Greenwich bei London als Nullmeridian eingeführt worden.

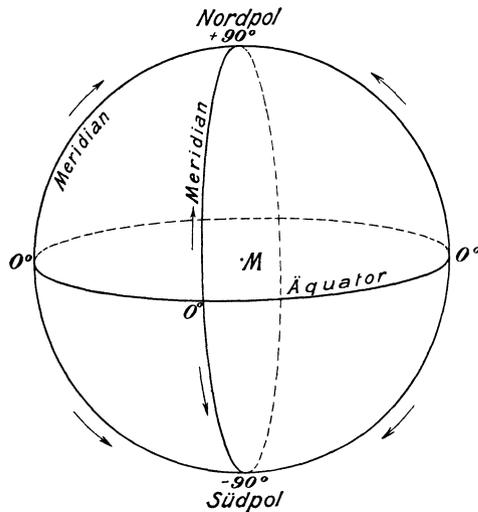


Fig. 14. Zählung der geographischen Breiten.

Von diesem Nullmeridian, welcher die Erdkugel in eine östliche und eine westliche Hälfte teilt, rechnet man die geographischen Längen nach Osten bis $+180^\circ$ und nach Westen bis -180° . Die Meridian- oder Längengrade $+180^\circ$ und -180° fallen zusammen.

Durch die Längen- und Breitenkreise wird die Erdkugel mit einem Liniennetz überspannt (Fig. 15), in welchem die Lage eines beliebigen Punktes der Erdoberfläche bestimmt werden kann. Man nennt ein solches

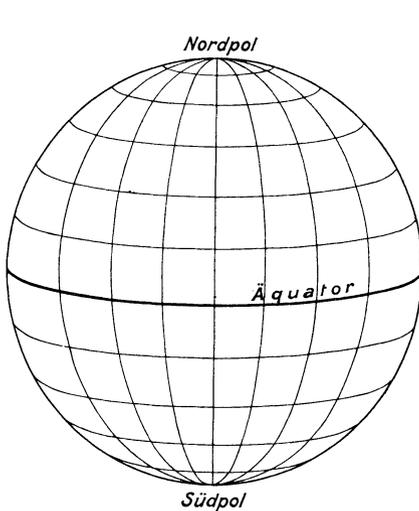


Fig. 15. Längen- und Breitenkreise.

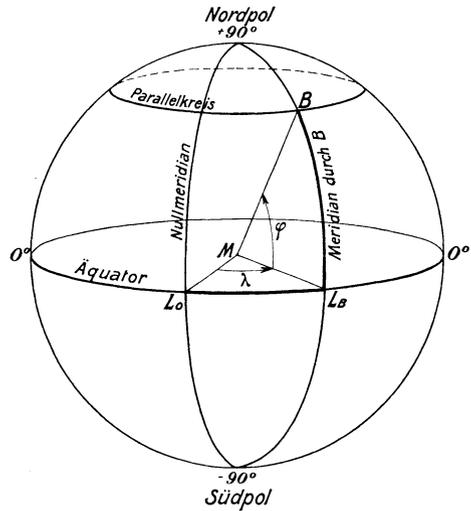


Fig. 16. Geographische Koordinaten.

Liniennetz „Koordinatennetz“, die geographischen Längen und Breiten bilden die geographischen Koordinaten, welche mit den griechischen Buchstaben λ (sprich: lambda) und φ (phi) bezeichnet sind. [Die Bezeichnung Länge und Breite rührt von der Anschauung der Alten her, nach welcher die „Erdscheibe“ in der Ost-West-Richtung doppelt so lang war als in der Richtung Nord-Süd.]

Durch die Angabe der Koordinaten ist die Lage eines Punktes unzweideutig bestimmt (Fig. 16). Z. B. hat der Knopf auf dem Turm der Probsteikirche (alte Peter- und Paulkirche) in Bochum die geographische Länge $\lambda = 7^\circ 13' 18,57''$ östlich von Greenwich und die Breite $\varphi = +51^\circ 29' 1,45''$.

Der Abstand zweier benachbarter Längengrade wird nach den Polen hin immer kleiner; während er am Äquator = 111 km ist, beträgt dieser Abstand in Deutschland nur noch etwa 70 km.

11. Die Tageszeiten. An allen Punkten der Erde, welche auf demselben Meridian liegen, also gleiche geographische Länge haben, ist zu gleicher Zeit Mittag, für sie steht die Sonne in demselben Augenblick

am höchsten. Die Sonne geht um Mittag durch den Meridian, sie kulminiert oben, um Mitternacht findet die untere Kulmination unter der Nordseite des Horizontes statt, die für uns nicht sichtbar ist. Die Zeit, welche zwischen zwei untern Kulminationen der Sonne verfließt, ist ein bürgerlicher Tag; etwas kürzer ist ein Sterntag, der zwischen zwei gleichen Kulminationen der Fixsterne liegt. Der bürgerliche Tag wird in 24 oder 2×12 Stunden eingeteilt, jede Stunde enthält 60 Minuten, jede Minute 60 Sekunden, der ganze Tag demnach $24 \times 60 \times 60 = 86\,400$ Zeitssekunden.

Zwei Orte, z. B. Berlin und Bochum, welche ostwestlich zueinander liegen, haben verschiedene Tageszeiten. Da die Erde sich von Westen nach Osten dreht und Berlin östlich von Bochum liegt, so ist Berlin immer Bochum voraus. Von dem Augenblick an, in welchem die Sonne in Berlin kulminiert, muß der Ort Bochum der Erdoberfläche noch die Strecke Bochum-Berlin durchheilen, ehe die Sonne über ihm am höchsten steht. Während dieser Zeit eilt Berlin natürlich um das gleiche Stück weiter, die Sonne sinkt dort schon, wenn sie in Bochum noch steigt. Die Zeit, welche zwischen dem Mittag in Berlin und dem Mittag in Bochum liegt, verhält sich nun zum ganzen Tag wie der Längenunterschied der beiden Orte zum Umfang eines Kreises. Zur Berechnung des Zeitunterschiedes bzw. der „Ortszeiten“ muß man demnach den Längenunterschied der Orte kennen. Einer Stunde Zeitunterschied entsprechen $\frac{360^\circ}{24} = 15^\circ$ Längenunterschied, einer Minute $15'$, einer Sekunde $15''$. Umgekehrt ist 1° Längenunterschied = 4 Minuten Zeitunterschied, $1' = 4$ Sekunden, $1'' = \frac{1}{15}$ Sekunde. Nun liegen Berlin (Sternwarte) $13^\circ 24'$, Bochum (Probsteikirche) $7^\circ 13'$ östlich von Greenwich, der Längenunterschied der beiden Orte beträgt also $6^\circ 11'$. Daraus berechnet sich der Unterschied der „Ortszeiten“ zu $6 \times 4^m + 11 \times 4^s = 24^m 44^s$.

Wenn es also in Bochum genau Mittag ist, zeigt die Uhr in Berlin bereits 12 Uhr 24 Minuten 44 Sekunden. Ähnlich verhält es sich zwischen zwei beliebigen Orten auf dem ganzen Umfang eines Parallelkreises.

Da die stets wechselnde „Ortszeit“ in dem modernen schnellen Verkehr von Ort zu Ort außerordentlich störte, ging man zur Einführung von Einheits- oder Zonenzeiten über. Hierbei teilte man die Erde in nord-südlich verlaufende Streifen von 15° und rechnete innerhalb jedes Streifens, der Zone, mit der gleichen Zeit. Beim Übergang von einer Zone in eine benachbarte findet demnach ein Sprung von einer vollen Stunde statt. Die Zeit des durch die Mitte der Zone gehenden Meridians gilt für die ganze Zone. Während also Zonenzeit und Ortszeit in der Mitte der Zone zusammenfallen, weichen sie an den Rändern um eine halbe Stunde voneinander ab.

Als Anfangsmeridian für die Zonenzeit ist wie bei der Längenzählung der Meridian von Greenwich gewählt worden. Die Zeit von Greenwich wird Weltzeit genannt. $7\frac{1}{2}^{\circ}$ nach Westen und Osten von dem Nullmeridian reicht die erste Zone mit der westeuropäischen Zeit (W.E.Z.). Die östlich daran anschließende Zone mit dem 15° östlich von Greenwich an der Stadt Stargard in Pommern vorbeiführenden Meridian enthält die mitteleuropäische Zeit (M.E.Z.), welche der westeuropäischen gerade um eine Stunde voraus ist.

12. Allgemeines über Abbildungsflächen und Koordinatensysteme.

Bei der Abbildung sehr kleiner Teile der Erdoberfläche auf einer Karte kann man die Erdkrümmung vernachlässigen ohne merkliche Fehler zu begehen. Als Bildfläche tritt dann an die Stelle der Kugeloberfläche (bzw. des Ellipsoids oder Geoids) die Berührungsebene im Beobachtungspunkt, welche auf kleinem Gebiete sehr nahe mit der Kugelfläche zusammenfällt. Bei Entfernungen von über 10 km weicht die Kugelfläche der Erde aber schon merklich von der Berührungsebene ab, so daß bei der Abbildung bereits Verzerrungen entstehen. Bei der Vermessung großer Länder oder Erdteile macht sich auch die Abweichung der Erdoberfläche von einer Kugelfläche bemerkbar. Es ist eine Aufgabe der höheren Geodäsie, die Methoden zu entwickeln, nach denen die Geoid- bzw. Ellipsoidfläche auf die Kugelfläche zurückgeführt und letztere wiederum auf eine Ebene bezogen werden kann. An dieser Stelle möge die Beschreibung der in Preußen und besonders im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk für die Herstellung von Kartenwerken bestehenden Unterlagen genügen.

Wie wir bereits bei der Beschreibung der geographischen Koordinaten gesehen haben, denkt man sich die Erdoberfläche durch mathematische Linien eingeteilt, welche das Netz für die Kartenzzeichnung bilden. Die Lage eines Punktes ist durch seine geographische Länge und Breite, d. h. durch seine geographischen Koordinaten, bestimmt. Die Übersichtskarten 1 : 100 000 des deutschen Reiches und die Meßtischblätter 1 : 25 000 der preußischen Landesaufnahme sind mit einem Netz geographischer Koordinaten versehen. Für die bis ins kleinste gehenden Vermessungen und Darstellungen, z. B. beim Grubenbild, eignen sich die geographischen Koordinaten als Grundlage nicht, weil die Bestimmung von φ und λ nicht mit der genügenden Schärfe erfolgen kann. Aus den Abmessungen der Erde ergibt sich für 1° Breitenunterschied ein an der Erdoberfläche gemessener linearer Abstand von 111 km, für $1'$ 1850 m, für $1''$ 31 m. Um also die Lage eines Punktes auf 1 cm genau zu erhalten, müßte die geographische Breite auf $\frac{1}{3000}''$ genau bestimmt werden, was aber selbst mit den feinsten astronomischen Instrumenten nicht zu erreichen ist. Das Netz der geographischen Koordinaten kann also nur sehr weitmaschig bleiben,

man muß sich auf eine möglichst genaue Bestimmung weniger Punkte in einem großen Lande beschränken und zwischen diesen Messungen anderer Art einschalten.

13. Die Dreiecksmessungen der Preußischen Landesaufnahme.

Die geographischen Längen und Breiten, welche die trigonometrische Abteilung der Königlich Preußischen Landesaufnahme veröffentlicht, stützen sich alle auf einen Fundamentalpunkt, den im Anschluß an die Berliner Sternwarte bestimmten Dreieckspunkt Rauenberg bei Berlin. Im Anschluß an die Linie Rauenberg-Marienturm, deren Azimut aus astronomischen Messungen abgeleitet wurde, ist ein zusammenhängendes

Netz von Dreiecken I. Ordnung über das ganze Land gespannt worden. Als Eckpunkte der Dreiecke, deren

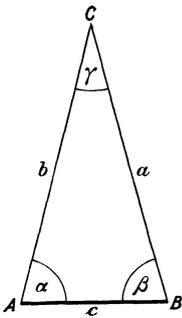


Fig. 17. Basisdreieck.

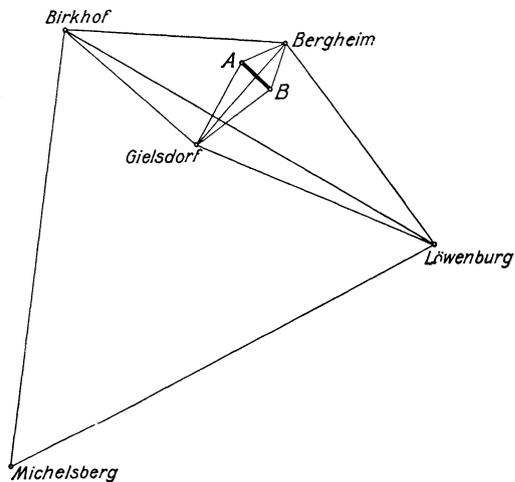


Fig. 18. Ableitung einer großen Dreiecksseite aus einer Basis.

Seiten bis 100 km lang sind, wurden hohe feste Türme oder hervorragende Geländepunkte gewählt, an welchen Stein-Fundamente eingelassen und Signalbauten errichtet sind. Die Winkel zwischen den einzelnen Dreiecksseiten werden mit sehr feinen Winkelmeßinstrumenten, Theodoliten, unmittelbar gemessen, während die Länge einer Dreiecksseite mittelbar aus einer Basismessung, die der übrigen durch Rechnung ermittelt werden.

Basismessung. In der Figur 17 sei A B eine auf günstigem Gelände verlaufende Linie, welche unmittelbar genau gemessen werden kann. A B ist dann die Basis in dem Dreieck A B C. Werden in dem letzteren noch die Winkel α und β gemessen, so lassen sich die Seiten a und b nach bekannten Sätzen der Trigonometrie berechnen. Die Messung des Winkels γ erhöht die Sicherheit, weil $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ sein muß. Dadurch, daß man das Dreieck durch entsprechende Auswahl der Lage

des Punktes C möglichst spitzwinklig macht, erhält man aus der kurzen direkt gemessenen Basis c die Länge der größeren Seiten a und b , welche nun ihrerseits als Grundlinien neuer größerer Dreiecke dienen können.

Das in der Figur 18 wiedergegebene Beispiel des im Jahre 1892 ausgeführten Bonner Basisnetzes möge das weitere Verfahren näher erläutern. Das Endziel war damals die Ermittlung der Länge der Dreiecksseite Birkhof-Michelsberg, welche dem Hauptnetz der Preußischen Landesaufnahme angehört.

Zunächst wurde die im Rheintal bei Bonn gelegene Basis AB gemessen, ihre Länge betrug 2512,928 m. Im Anschluß daran erfolgte in der oben angedeuteten Weise die Bestimmung der Punkte Bergheim und Gielsdorf, deren zu rund 8392 m gefundene Verbindungslinie als Rechnungsbasis für die Dreiecke Bergheim-Gielsdorf-Löwenburg und Bergheim-Gielsdorf-Birkhof diente. Auf der 30 285 m langen Linie Birkhof-Löwenburg basiert dann das Dreieck Birkhof-Löwenburg-Michelsberg, dessen Seite Birkhof-Michelsberg bestimmt werden sollte und sich zu rund 30 604 m ergab.

Für die Vermessung von Preußen sind im ganzen acht Basismessungen ausgeführt worden. Aus den Winkeln und Seiten der Dreiecke wurden vom Fundamentalpunkt Rauenberg ausgehend die geographischen Koordinaten aller Dreieckspunkte berechnet. Im Anschluß an die Dreiecke I. Ordnung sind solche II. und III. Ordnung mit entsprechend kürzeren Seiten gemessen worden, so daß das ganze Land jetzt mit einem engmaschigen Netz von Dreiecken überzogen ist.

Das System von Dreieckspunkten bildet die Grundlage des auf den Karten kleineren Maßstabes, z. B. Meßtischblättern 1 : 25 000, Karten des Deutschen Reiches 1 : 100 000 bzw. 1 : 200 000, aufgetragenen Koordinatennetzes, bestehend aus Längen und Breitenkreisen.

Für den Anschluß von Messungen kleineren Umfanges und als Grundlage von Karten größeren Maßstabes, z. B. der Grubenbilder 1 : 2000, eignen sich weder die Dreiecke selbst noch die aus ihnen berechneten geographischen Koordinaten. Die letzteren um so weniger, weil ihre Berechnung schwierig und zeitraubend ist. Man teilt deshalb große Gebiete wie z. B. das Königreich Preußen, in eine Anzahl kleinerer Abschnitte und legt hier den Messungen ein rechtwinklig ebenes Koordinatensystem zugrunde. Die geographischen Koordinaten der Dreieckspunkte werden zunächst in rechtwinklig-sphärische und letztere in rechtwinklig-ebene Koordinaten umgerechnet, welche dann die Lage der Punkte auf einer das darzustellende Gebiet der Erdoberfläche berührenden Ebene angeben. An die Stelle der Längengrade im geographischen Koordinatensystem treten untereinander parallele Abszissenlinien, senkrecht dazu eine Schar von parallelen Linien, die Ordinaten.

14. Die Dreiecksmessungen im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk und das Bochumer Koordinatensystem. Die Grundlage der Grubenvermessungen im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk bildet eine in den Jahren 1876/77 ausgeführte Dreiecksmessung, welche unter der Bezeichnung „Triangulation des Dortmunder Kohlengebietes“ bekannt geworden ist. Das Hauptnetz schließt an die Seite Dörenberg-Nonnenstein der bereits im Jahre 1829 von Carl Friedrich Gauß ausgeführten Landesvermessung des früheren Königreichs Hannover an (Fig. 19). Die Seite Dörenberg-Nonnenstein steht durch die an-

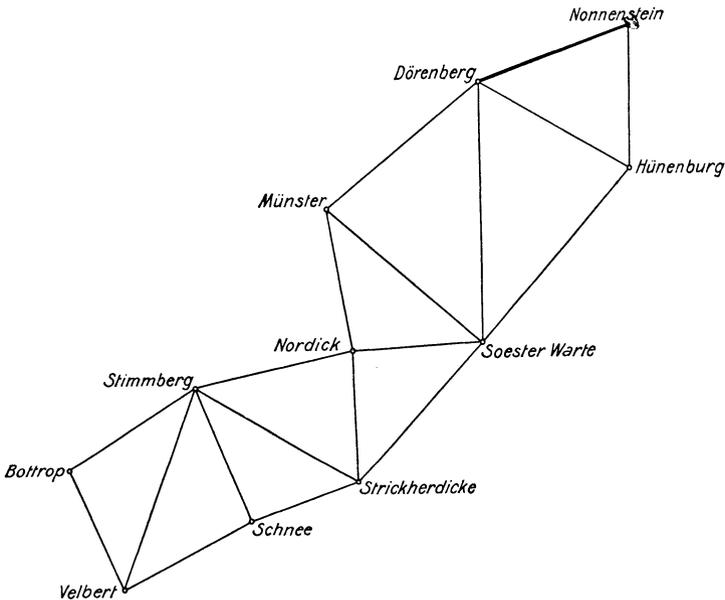


Fig. 19. Anschluß der Dreiecksmessung im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlengebiet an die Triangulation der Landesaufnahme.

schließende Linie Wilsede-Falkenberg in der Lüneburger Heide mit dem großen Preußischen Dreiecksnetz in Verbindung. Im Jahre 1877 wurde das Westfälische Netz durch Dreiecke III. und IV. Ordnung verdichtet; 1894—1898 fand eine Neumessung des ganzen Gebietes statt.

Figur 20 enthält eine Übersicht über die im Anschluß an das Viereck Bottrop-Stimmberg-Schnee-Velbert des Hauptnetzes (Fig. 19) ausgeführte Triangulation II. Ordnung, welche wiederum den Ausgang für die Punkte III. und IV. Ordnung bildet.

Für den Oberbergamtsbezirk Dortmund gilt als Abszissenachse der durch den Turmknopf der Probsteikirche (alte Peter- und Paulkirche) in Bochum gehende Meridian, welcher auf dem Grubenbild durch eine gerade oben mit einem Pfeil versehene Linie dargestellt wird. Senkrecht

zu diesem Nullmeridian denkt man sich durch den Turmknopf eine Gerade gezogen, welche die Ordinatenachse darstellt (Fig. 21). Die beiden Hauptachsen des Koordinatensystems zerlegen den ganzen Bezirk in vier Quadranten (I, II, III, IV in der Fig. 21). Die Lage eines beliebigen

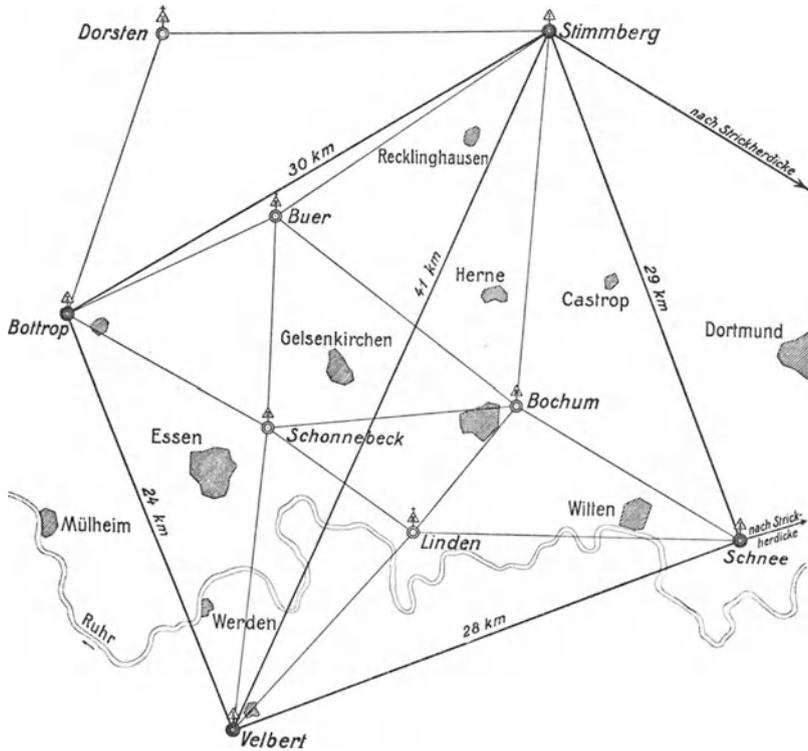


Fig. 20. Übersicht über die Dreiecksmessung bei Bochum.

Punktes ist nun durch seine senkrechten Abstände von den beiden Achsen des Koordinatensystems bestimmt, wenn man dazu noch den Quadranten angibt. Die senkrechten Abstände von dem Nullmeridian heißen Ordinaten (y), die Abstände von der Ordinatenachse Abszissen (x). Zur Unterscheidung der Quadranten fügt man Vorzeichen hinzu und zwar nach Norden (oben) und Osten (rechts) $+$, nach Süden (unten) und Westen (links) $-$. Es ergibt sich daraus folgendes Vorzeichen-Schema:

Quadrant	Ordinate y	Abszisse x
I	$+$	$+$
II	$+$	$-$
III	$-$	$-$
IV	$-$	$+$

Ein Beispiel für die Lage je eines Punktes in den vier Quadranten enthält die Figur 22. Die Koordinaten der einzelnen Punkte sind:

P_1	$y_1 = + 19,38;$	$x_1 = + 25,72$
P_2	$y_2 = + 35,64;$	$x_2 = - 20,84$
P_3	$y_3 = - 30,19;$	$x_3 = - 29,57$
P_4	$y_4 = - 40,25;$	$x_4 = + 33,91$

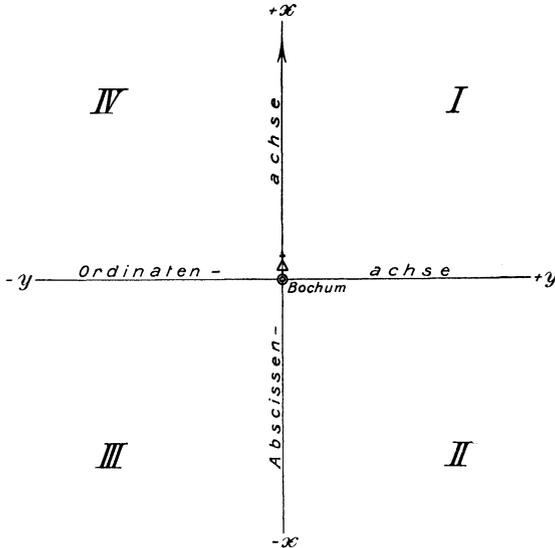


Fig. 21. Achsen des Bochumer Koordinatensystems.

Es muß an dieser Stelle auf eine Abweichung von der gebräuchlichen Form aufmerksam gemacht werden, welche sich leider auf den Grubenbildern im Oberbergamtsbezirk Dortmund vorfindet. Die Abszissen (x) beginnen in Bochum statt mit 0 mit der Zahl $- 135\ 401,39$, welche noch von dem auf Seite 17 besprochenen Anschluß des Westfälischen Dreiecksnetzes an die Gaußsche Triangulation herrührt. Infolgedessen gibt es im ganzen Oberbergamtsbezirk Dortmund keine positiven Abszissen. Eine besondere Bedeutung hat die Abweichung nicht, man könnte an ihre Stelle jede beliebige andere Zahl setzen, müßte sie nur für den ganzen Bezirk konsequent beibehalten. Nun, wo die obige Zahl einmal in alle Grubenbilder und alle Koordinatenberechnungen Einführung gefunden hat, muß man damit rechnen. Es ist aber zu hoffen, daß bei der Neuanfertigung von Grubenbildern die Abszisse 0 angenommen wird.

Zur Erleichterung der Auftragung eines Punktes auf eine Karte nach Koordinaten versieht man die letztere mit einem Netz von Linien parallel zu den Hauptachsen des Koordinatensystems. Die Maschenweite

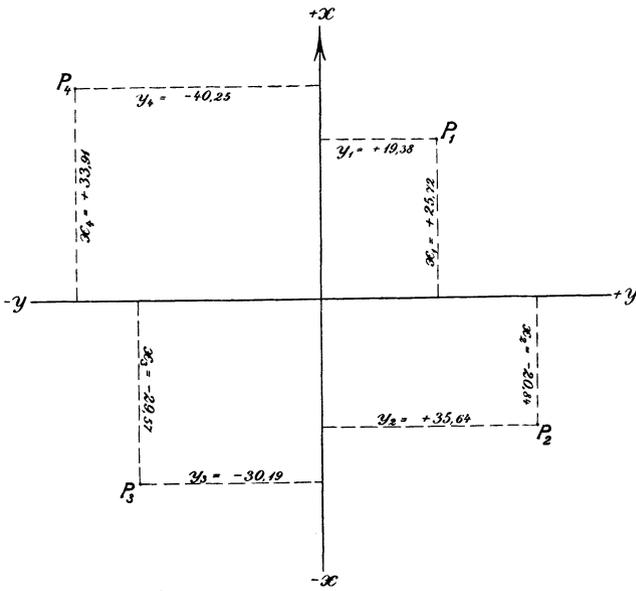


Fig. 22. Vorzeichen der Koordinaten in den vier verschiedenen Quadranten.

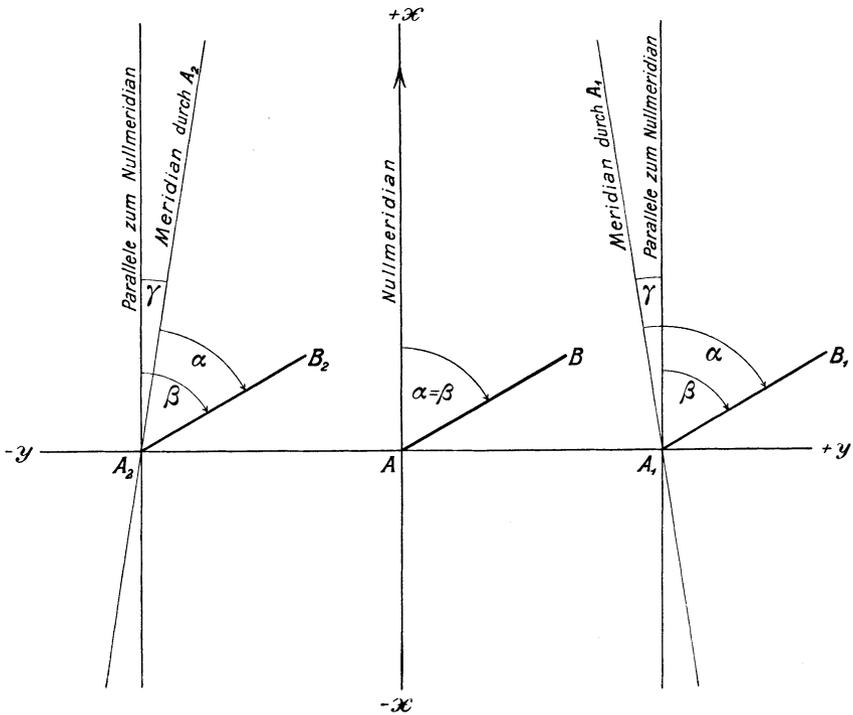


Fig. 23. Meridiankonvergenz.

des Netzes kann beliebig gewählt werden, sie richtet sich in erster Linie nach dem Maßstab der Karte. Auf den Grubenbildplatten 1 : 2000 beträgt der Abstand der Netzlinien 50 mm, was einer Entfernung in der Natur von $2000 \times 50 \text{ mm} = 100 \text{ m}$ entspricht.

Die parallel zur Abszissenachse bzw. zum Nullmeridian gezogenen Linien sind „Parallele zum Meridian von Bochum“; sie selbst sind also keine Meridiane, weil die letzteren im Nordpol zusammenlaufen und deshalb nicht parallel sind (Fig. 23). Infolgedessen ist auch der Winkel, den eine Linie in der Ebene des Koordinatensystems mit der Parallelen zum Nullmeridian bildet, nicht das Azimut der Linie (siehe Seite 10); man bezeichnet den Winkel vielmehr als „Richtungswinkel“. Der Unterschied zwischen Azimut (α) und Richtungswinkel (β) ist die Meridiankonvergenz (γ); siehe Figur 23. Bei allen vom Nullmeridian ausgehenden Linien ist der Richtungswinkel gleich dem Azimut ($\beta = \alpha$). Je größer die Ordinate (y) eines Punktes ist, desto größer ist in demselben auch der Unterschied zwischen Azimut und Richtungswinkel. Östlich vom Nullmeridian ist das Azimut größer als der Richtungswinkel, nach Westen hin umgekehrt. Die Meridiankonvergenz $\alpha - \beta = \pm \gamma$ hat demnach dasselbe Vorzeichen wie die Ordinate y . Ihre Größe folgt aus der Formel:

$$\text{tg } \gamma = \frac{y}{R} \text{tg } \varphi,$$

in welcher y die Ordinate, R der Erdradius und φ die geographische Breite bezeichnen. Für die Breite von Bochum ($\varphi = 51\frac{1}{2}^\circ$) ergibt sich die nachstehende Zahlentafel der Meridiankonvergenzen.

Ordinate y km	Meridian- konvergenz
0	0
0,1	0,1
0,5	0,3
1,0	0,7
5	3,4
10	6,8
20	13,6
30	20,3
40	27,1
50	33,9

Die einfachen Instrumente zur Bestimmung vertikaler, horizontaler und geneigter Richtungen.

Allgemeines. An jedem Punkte der Erdoberfläche ist die Richtung der Schwerkraft, die Lotrichtung, unveränderlich gegeben. Senkrecht auf der Lotrichtung steht die Horizontalebene. Je nachdem die Richtung einer Linie mit der Lotrichtung bzw. der Horizontalebene zusammenfällt, oder gegen beide geneigt ist, unterscheidet man:

1. Lotrechte = vertikale oder seigere Linien.
2. Wagerechte = horizontale oder söhliche Linien.
3. Geneigte oder flache Linien.

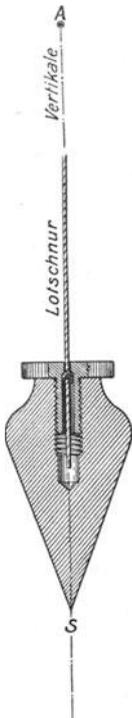


Fig. 24. Lot.
($\frac{1}{3}$ d. natürl.
Größe.)

I. Die Instrumente zur Bestimmung vertikaler und horizontaler Richtungen.

15. Das Lot. Die einfachste Vorrichtung zur Angabe der vertikalen Richtung ist ein am unteren Ende beschwerter Faden. Bei den markscheiderischen Messungen wird ein gut abgedrehter Lotkörper aus Messing benutzt, der unten in eine zentrische Spitze endigt und an einer Hanfschnur aufgehängt wird. Die Verbindung der Lotschnur mit dem Lotkörper ist aus der Figur 24 ersichtlich. Bei einem fehlerfreien Lot muß die Spitze S in der Vertikalen durch den Aufhängepunkt A liegen. Man prüft dies durch vorsichtige Drehung (Torsion) des Fadens um seine Längsachse, wobei die Lotspitze S ihre Stellung nicht ändern darf.

16. Die Setz- oder Bleiwage. Bei der Setz- oder Bleiwage ist das Lot in der Spitze eines gleichschenkligen Dreiecks aufgehängt (Fig. 25). In dieser Verbindung dient es zur Angabe einer horizontalen Richtung, und zwar ist die Grundlinie des Dreiecks horizontal, wenn der Lotfaden über der Mittelmarke einspielt.

17. Die Wasserwage oder Libelle. Einrichtung und Gebrauch der Wasserwagen oder Libellen beruhen auf der Erscheinung, daß die Oberfläche einer Flüssigkeit sich horizontal einstellt. In der einfachsten Form dienen die Libellen daher zur Angabe einer horizontalen Richtung. Je nach der Bauart unterscheidet man Dosenlibellen und Röhrenlibellen.

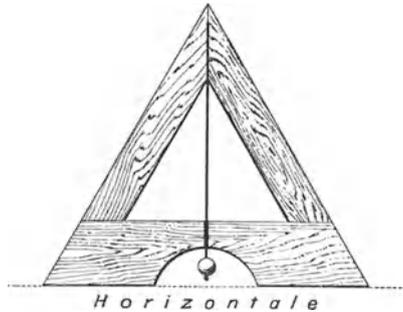


Fig. 25. Bleiwage. ($\frac{1}{8}$ der natürl. Größe.)

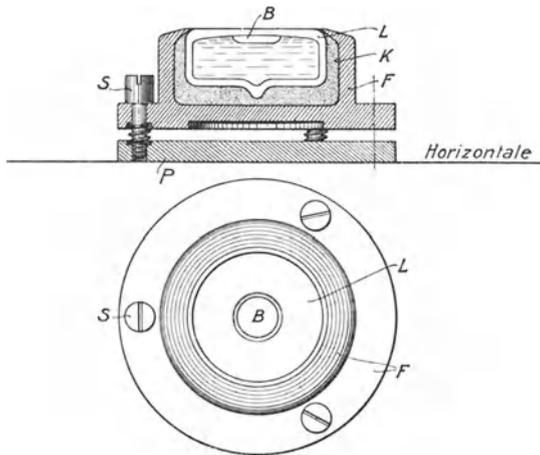


Fig. 26. Dosenlibelle. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

a) Dosenlibelle. Die Dosenlibelle (Fig. 26) besteht aus einem vollständig geschlossenen Glasgefäß L, welches mit einer leicht beweglichen Flüssigkeit, Alkohol oder Schwefeläther, nahezu gefüllt ist. Die Flüssigkeit wird warm eingefüllt und bei der Abkühlung bildet sich aus dem Flüssigkeitsdampf eine Blase, welche nun immer die höchste Stellung in dem Libellenkörper einzunehmen sucht. Die obere Innenfläche des Glaskörpers ist zu einer Kugelkappe ausgeschliffen, so daß die Blase von oben gesehen als Kreis erscheint. Zur Beobachtung der

Stellung der Blase ist auf der Oberfläche der Libelle ein Kreis gezogen. Die Libelle „spielt“ ein, wenn der Ring der Blase konzentrisch zu dem Kreise liegt. Der Libellenkörper L ist in einer Messingfassung F festgekittet, welche mit drei Stellschrauben S auf einer Unterlagplatte P aus Messing befestigt ist.

Die Libelle zeigt nur dann richtig, wenn die Aufsatzfläche bei ein spielender Blase horizontal ist, Zur Prüfung dieser Bedingung setzt man die Libelle auf eine ebene Unterlage, etwa einen festen Tisch, und bringt die Blase durch Neigung des Tisches zum Einspielen. Dann zieht man einen Kreis um die Aufsatzfläche und dreht die Libelle in diesem Kreise um 180° herum. Wenn die Blase hiernach nicht mehr einspielt, muß das Gehäuse mit Hilfe der Stellschrauben gerichtet werden und zwar um die Hälfte des Blasen ausschlages. Alsdann neigt man den Tisch wieder, bis die Blase von neuem einspielt. Wiederholt man jetzt die Drehung um 180° , so ändert die Blase ihre Stellung nicht; sollte die

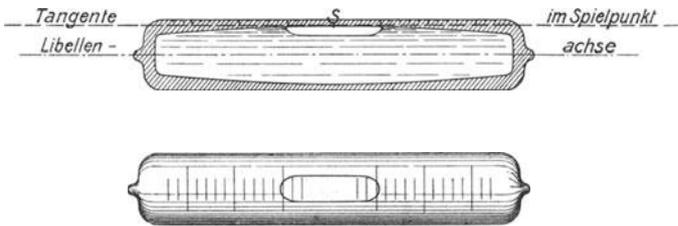


Fig. 27. Glaskörper der Röhrenlibelle. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

erste Berichtigung jedoch nicht ganz genügt haben, so beseitigt man den etwaigen Ausschlag wieder zur Hälfte an den Schrauben. Wenn an dem Libellengehäuse keine Stellschrauben vorhanden sind, so kann die Berichtigung nur durch Abschleifen der Aufsatzfläche erfolgen.

b) Röhrenlibelle. Die Röhrenlibelle besteht aus einem hohlen zylindrischen Glaskörper, dessen Innenfläche ganz oder nur an einer Längsseite in einer bestimmten Form ausgeschliffen ist. Man kann sich die Schlifffläche durch Drehung eines flachen Kreisbogens um seine Sehne oder um eine zur Sehne parallele Gerade entstanden denken. Die Drehungsachse ist die Achse der Libelle. Die mechanische Herstellung der etwa 10 cm langen und 1—2 cm weiten Libellenröhre geschieht durch Ausschleifen einer zylindrischen Glasröhre mit einem Schleifdorn, dessen Oberfläche nach einem bestimmten Halbmesser gekrümmt ist. Die ausgeschliffene Röhre wird wie bei der Dosenlibelle mit Alkohol oder Äther gefüllt und dann zugeschmolzen. Auf der Oberfläche der Glasröhre ist von der Mitte aus nach beiden Seiten oder an einem Ende beginnend eine Teilung eingätzt, an der die Stellung der Blase, welche bei der Röhrenlibelle lang gestreckt ist, abgelesen werden kann. Die

Libelle „spielt ein“, wenn die beiden Blasenenden gleich weit von der Mitte der Teilung entfernt sind. Die Tangente im Spielpunkt (S in der Fig. 27) ist parallel zur Libellenachse.

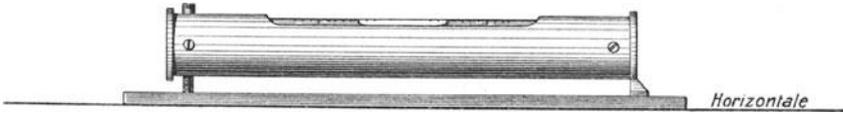


Fig. 28. Setzlibelle. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

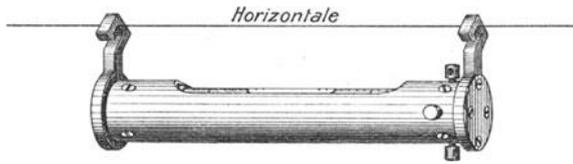


Fig. 29. Hängelibelle. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

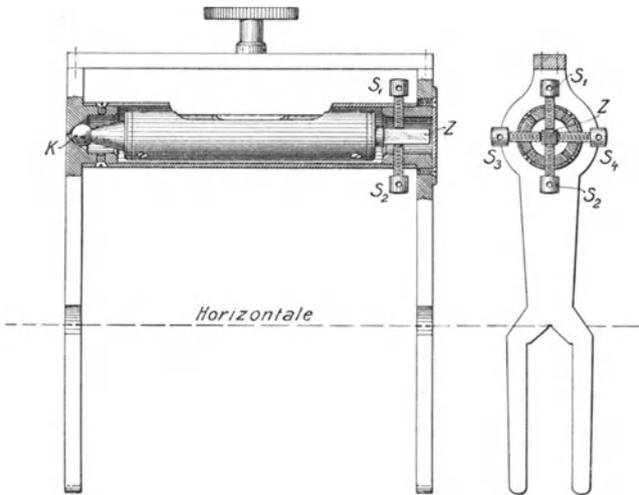


Fig. 30. Reiterlibelle. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

Für den Gebrauch wird die Glasröhre mit einer Fassung versehen. Je nach dem Zweck bzw. der Art der Anwendung kann man Setzlibellen (Fig. 28), Hängelibellen (Fig. 29) und Reiterlibellen (Fig. 30) unterscheiden.

Die Prüfung und Berichtigung der Röhrenlibellen erfolgt in ähnlicher Weise wie bei der Dosenlibelle durch Einspielenlassen, Umsetzen bzw. Umhängen um 180° und Beseitigung des halben Ausschlags an den Stell-schrauben. Aus der Figur 30 sind Anordnung und Wirkungsweise der

Stellschrauben zu ersehen. Während die abgebildete Reiterlibelle fast nur in Verbindung mit feinen Winkelmeßinstrumenten, Theodoliten, vorkommt, wird die Setzlibelle, in beschränktem Umfange auch die Hängelibelle, sehr häufig für sich allein benutzt. Figur 31 zeigt die unter

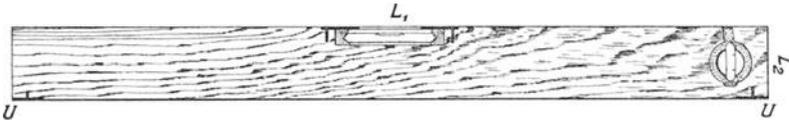


Fig. 31. Richtlatte. ($\frac{1}{8}$ der natürl. Größe.)

der Bezeichnung Richtlatte namentlich von den Maurern benutzte einfache Form der Setzlibelle oder Wasserwage. Meist sind zwei Libellen angeordnet, mit Hilfe der einen (L_1) läßt sich eine Unterlage U horizontal, mit der zweiten (L_2) vertikal richten.

c) Empfindlichkeit einer Libelle. Die Empfindlichkeit einer Libelle wird an dem Winkel gemessen, um den die Libellenachse bzw. die Aufsatzfläche geneigt werden muß, damit die Blase um einen Teilstrich ausschlägt. Je kleiner der Winkel ist, desto empfindlicher ist die

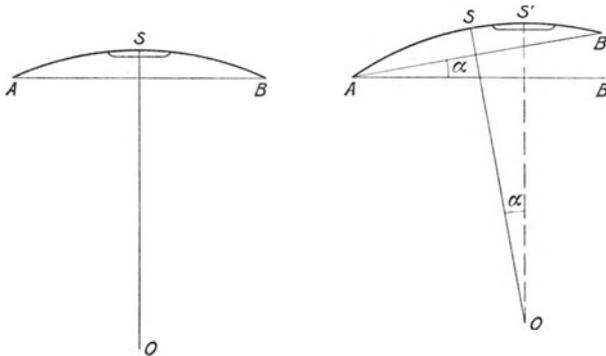


Fig. 32. Empfindlichkeit der Libelle.

Libelle. In der Figur 32 sei der Bogen A B ein Vertikalschnitt durch die Libelle und die Sehne A B die Libellenachse. Wenn letztere horizontal liegt, spielt die Libelle ein und der Krümmungshalbmesser S O der Libellenfläche steht vertikal. Wird A B jetzt in die Stellung A B' geneigt, so wandert die Blasenmitte von S nach S' und S' O bildet mit S O den Winkel α . Man sieht sofort, daß der Ausschlag S S' um so größer ist, je größer der Krümmungshalbmesser S O bzw. S' O ist. Die Empfindlichkeit einer Libelle ist also proportional dem Halbmesser ihres Ausschliffes. Als Maß für die Empfindlichkeit gibt man jedoch nicht den Krümmungshalbmesser, sondern den Winkelwert an, welcher zu dem Blasenausschlag von einem Teilstrich = 2 mm bzw. 2,26 mm (Pariser

Linie) gehört. Die Dosenlibellen haben meist eine Empfindlichkeit von einer oder mehreren Bogenminuten, während die Empfindlichkeit der Röhrenlibellen je nach ihrem Zweck bis zu einigen Sekunden steigt. Bei einer Empfindlichkeit von 1' beträgt der Krümmungshalbmesser der Libellenfläche etwa 7 m, bei 10'' rund 41 m.

II. Instrumente zur Bestimmung geneigter Richtungen.

Allgemeines. Man nennt den Winkel, den eine Linie mit der Horizontalebene bildet, Neigungs- oder Fallwinkel. Er wird von der Horizontalen aus mit 0 beginnend nach oben bis $+90^\circ$, nach unten bis -90° gezählt (Fig. 33). Der Neigungswinkel ist also positiv, wenn der Endpunkt der Linie höher liegt als der Anfangspunkt, und negativ, wenn der Endpunkt tiefer liegt. Eine Linie mit positivem Neigungswinkel „steigt“, umgekehrt „fällt“ sie.

Die Neigungs- oder Fallwinkel werden mit einem Gradbogen gemessen, welcher für die verschiedenen Zwecke in verschiedener Weise ausgebildet sein kann. Zur Angabe der horizontalen oder der darauf senkrecht stehenden vertikalen Richtung dient eine Libelle oder ein Lot.

18. Der Libellenquadrant.

Eine einfache Form eines Gradbogens mit Libelle zeigt die Figur 34, welche ein sogenanntes Setzniveau oder einen Libellenquadranten darstellt. Die Handhabung des Instrumentes ist aus der Figur leicht zu ersehen. Man setzt es mit seiner Aufsatzfläche auf die Unterlage, deren Neigung gegen die Horizontale bestimmt werden soll, und dreht die Libelle L um die Lagerachse A, bis sie einspielt. An dem Zeiger S kann man dann den Neigungswinkel direkt ablesen.

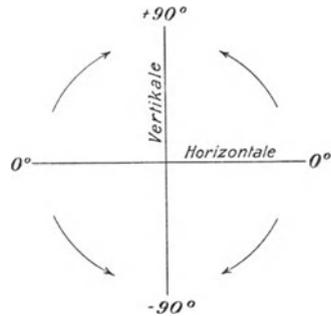


Fig. 33.

Vorzeichen und Zählung der Neigungswinkel.

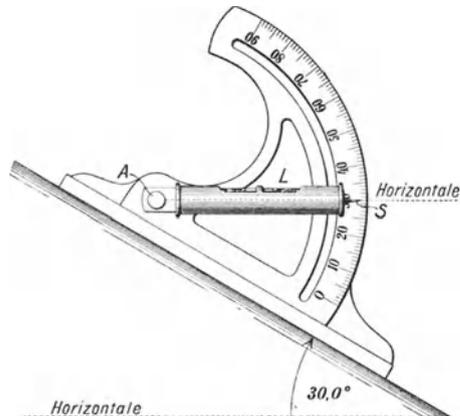


Fig. 34. Libellenquadrant.

($\frac{1}{5}$ der natürl. Größe.)

Bei dem in der Figur 35 dargestellten Neigungsmesser von Tesdorpf wird der Fallwinkel der Unterlage an der Spitze eines Lotes abgelesen.

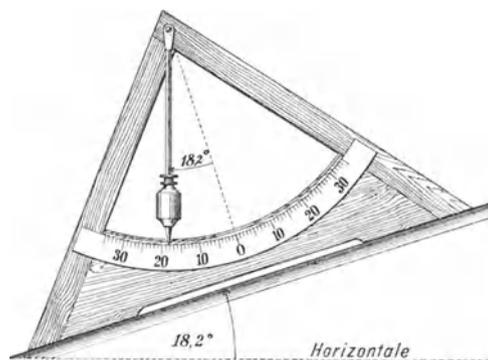


Fig. 35. Neigungsmesser. ($\frac{1}{8}$ der natürl. Größe.)

19. Der Gradbogen. In der Markscheidkunde ist der in der Figur 36 wiedergegebene Gradbogen im Gebrauch, welcher an eine zwischen den Endpunkten einer Linie ausgespannte Schnur hängt. Er besteht aus einem mit zwei Haken versehenen Halbkreis von

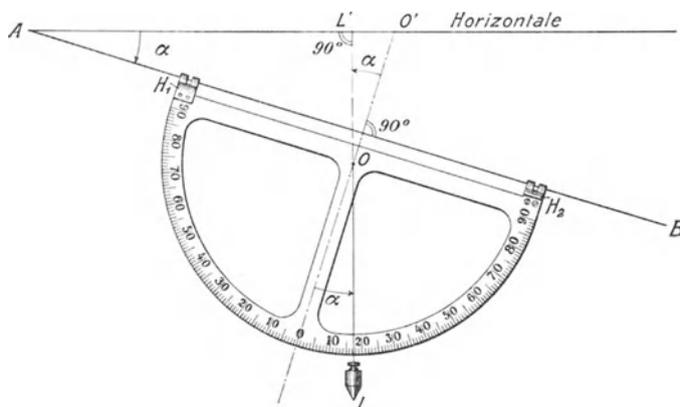


Fig. 36. Gradbogen. ($\frac{1}{8}$ der natürl. Größe.)

dünnem Messingblech oder Aluminium, auf welchem von der Mitte aus nach beiden Seiten eine Teilung von 0 bis 90^0 angebracht ist. In dem Mittelpunkt des Halbkreises ist der sehr dünne Faden eines Lotes befestigt. Der Neigungswinkel der Linie wird unmittelbar an dem über der Teilung einspielenden Lotfaden abgelesen (Fig. 36). Der Gradbogen zeigt nur dann richtig an, wenn die Hakenlinie $H_1 H_2$ parallel der

90°-Linie der Teilung ist. Man prüft dies durch Umhängen des Gradbogens, indem man den Haken H_2 an die Stelle von H_1 hängt und den Neigungswinkel zum zweiten Male abliest. Ergibt sich zwischen beiden Ablesungen eine Differenz, so ist sie zur Hälfte durch Verstellung eines Hakens zu beseitigen. Statt die Berichtigung vorzunehmen, kann man aber auch aus beiden Ablesungen das Mittel bilden, welches dann den richtigen Neigungswinkel der Linie darstellt.

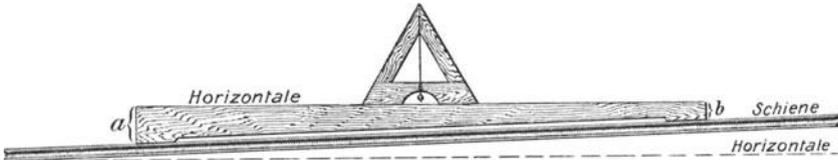


Fig. 37. Bestimmung des Anstiegs von Strecken mittels Bleiwage und Latte.

Zur Bestimmung des Anstiegs der Strecken benutzt man in der Grube eine Latte, die nach dem gewünschten Ansteigen zugeschnitten ist und auf die Schienen gesetzt wird. Die Oberkante der Latte richtet man mit der Bleiwage horizontal (Fig 37).

Außer den oben besprochenen Instrumenten für die Bestimmung geneigter Richtungen gibt es noch manche andere Formen von Neigungsmessern, welche in fester Verbindung mit anderen Instrumenten gebraucht werden. Sie beruhen aber alle auf denselben Grundsätzen, so daß es genügt, sie mit den betreffenden Instrumenten zusammen zu behandeln.

Dritter Abschnitt.

Die Bezeichnung von Punkten und die Längenmessungen.

I. Die Bezeichnung von Punkten.

Allgemeines. In mathematischem Sinne ist der Punkt eine bestimmte aber unsichtbare Stelle im Raume, welche für die Zwecke der Vermessungskunde erst in irgend einer Weise sichtbar gemacht werden muß. Wir betrachten zunächst nur die für Längen- und Lagemessungen erforderliche Punktbezeichnung, während die Festlegung von Höhenmarken in dem neunten Abschnitt besprochen wird.

20. Die Punktbezeichnung über Tage. Bei den unter 13 und 14 des I. Abschnittes besprochenen großen Dreiecksmessungen dienen als

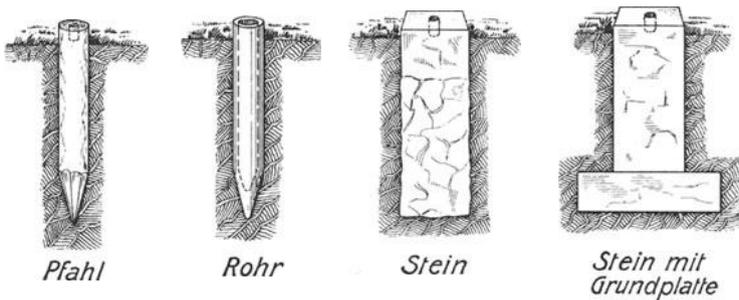


Fig. 38. Festpunkte über Tage.

Festpunkte Kirchtürme, große Schornsteine oder besondere Signalbauten. Bei den Kirchtürmen gilt meist die Mitte der Helmstange unmittelbar unter dem Turmknopf, bei Schornsteinen die Mitte der Krone, bei Signalbauten eine auf dem in dem Erdboden errichteten Steinbau angebrachte Marke.

Bei kleineren Messungen treibt man Pfähle, die oben mit einer zentrischen Bohrung versehen sind, bzw. eiserne Rohre in den Boden oder setzt besondere Steine (Fig. 38); man kann auch kleine Löcher

in vorhandene Grenz- oder Bordsteine meißeln. Als Anhaltepunkt für die Längenmeßwerkzeuge gilt jedesmal der Mittelpunkt des Loches.

Zur Sichtbarmachung der Punkte werden Fluchtstäbe in die Löcher gestellt. Es sind dies etwa 2 m lange und 20—30 mm dicke Rundstäbe aus Holz (Fig. 39), welche unten mit einem eisernen in einer Spitze endigenden Schuh versehen sind. Die Stäbe sind durch abwechselnd

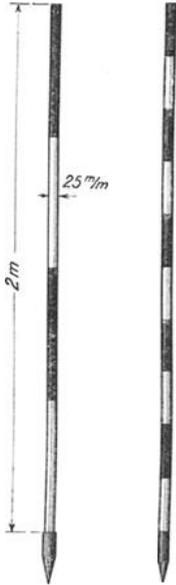


Fig. 39.
Fluchtstäbe.

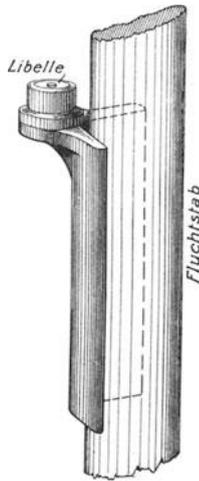


Fig. 40. Latten-
richter zum Vertikal-
stellen eines Flucht-
stabes.



Fig. 41. Durch eine Strebe fest-
gestellter Fluchtstab.

schwarz-weißen oder weiß-roten Anstrich in Abschnitte von einem halben Meter oder zwei Dezimeter geteilt.

Während der Messung müssen die Fluchtstäbe lotrecht und fest stehen. Zur Herbeiführung der vertikalen Stellung bringt man den Stab mit dem Faden eines in 1—2 m Entfernung gehaltenen Lotes von zwei Seiten her zur Deckung. Aushilfsweise genügen auch Zielungen am Stab vorbei nach benachbarten lotrechten Hauskanten. In der Figur 40 ist ein sogenannter Lattenrichter abgebildet, der seitlich an den Fluchtstab gelegt und mit der Hand festgehalten wird; bei einspielender Libelle steht der Stab vertikal.

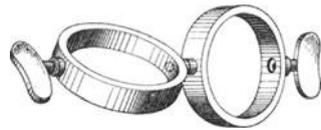


Fig. 42. Doppelring zum Halten
von Fluchtstäben.
($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

Zum Feststellen eines Fluchtstabes verwendet man im Bedarfs

falle einen oder mehrere andere Stäbe als Streben (Fig. 41), welche durch Doppelringe (Fig. 42) mit dem vertikal gestellten Fluchtstabe verbunden werden.

21. Die Punktbezeichnung unter Tage. Unter Tage werden die Festpunkte meist durch Ringeisen (Fig. 43) bezeichnet, welche unmittelbar in vorhandene Stempel oder Kappen oder in besondere Holzpflocke geschlagen werden. Zur Befestigung der letzteren bohrt man 5—10 cm tiefe Löcher in das Hangende und treibt die Pflocke fest ein

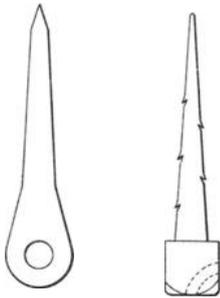


Fig. 43. Ringeisen.

(Fig. 44). Die einzelnen Festpunkte werden durch eine kleine Holztafel noch besonders bezeichnet, die je nach der Art der Messung verschieden gestaltet ist. Bei den Kompaß- oder Nachtragungsmessungen besteht der eigentliche Festpunkt aus einem Ringeisen oder nur aus einem umgeschlagenen Nagel. In unmittelbarer Nähe desselben und möglichst an demselben Holz wird an gut sichtbarer Stelle eine quadratische Holzplatte von etwa 10 cm Kantenlänge angeschlagen, auf welcher Monats- und Jahreszahl, sowie die laufende Nummer des Festpunktes verzeichnet sind. Auf der nebenstehenden Platte (Fig. 45) liest man z. B. 11/07. 24, d. h. das in der Nähe der Platte befindliche Ringeisen ist im November 1907 eingeschlagen worden und bezeichnet den Festpunkt Nr. 24. Als Anhalte-



Fig. 45.
Kompaßstufe.
($\frac{1}{4}$ d. natürl. Gr.)

punkt für weitere Messungen dient immer das Ringeisen bzw. der Nagel und nicht die Platte. Die Platten sind unter dem Namen Kompaßstufen bekannt.

Bei den Theodolit- oder Präzisionsmessungen bringt man den Festpunkt durchweg in der Firste an und schlägt daneben ein dreieckiges Holzplättchen mit der laufenden Nummer des Punktes (Fig. 46). Zur leichteren Auffindung der Festpunkte streicht man zweckmäßig mit Kalkmilch um dieselben einen großen weißen Kreis, welcher in den dunklen Grubenräumen weithin sichtbar ist. Bei den Theodolitmessungen, bei denen die Festpunkte angezielt werden, hängt man ein Lot in das Ringeisen (Fig. 44); statt



Fig. 44. Festpunkt der Theodolitmessung.

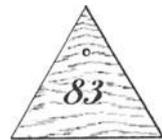


Fig. 46.
Theodolitstufe.
($\frac{1}{4}$ d. natürl. Gr.)

des Festpunktes selbst wird dann der vertikal hängende Lotfaden anvisiert.

Die Festpunkte mit den Markscheiderstufen bilden die Grundlage für die Vermessung der fortschreitenden Grubenbaue, und da die Wiederherstellung verloren gegangener Punkte immer mit großen Mühen und Kosten verknüpft ist, sollten die Festpunkte und Stufen möglichst geschont werden. Vielfach werden die Ringeisen oder Pflöcke zum Aufhängen von Kleidern, Rohrleitungen usw. benutzt, wodurch sie für weitere Messungen unbrauchbar werden, da die kleinsten Verschiebungen sich in verstärktem Maße auf die an solche unsicheren Punkte angeschlossenen Messungen übertragen. Wenn jedoch eine Stufe beim Auswechseln eines Holzes fallen mußte, so ist sie vollständig zu entfernen, damit sie nicht etwa an anderer Stelle wieder angebracht wird und so zu Irrtümern führt. Pflicht der Betriebsbeamten ist es, ihr Augenmerk auf die möglichste Schonung der Festpunkte zu richten. Die Bergpolizeiverordnung für die Steinkohlenbergwerke im Verwaltungsbezirke des Königlichen Oberbergamtes in Dortmund vom 1. Januar 1911 bestimmt über die Erhaltung der Markscheiderzeichen und Festpunkte folgendes:

§ 330: „Das unbefugte Verrücken und Beseitigen, sowie das Beschädigen von Markscheiderzeichen und Festpunkten unter und über Tage ist verboten.“

§ 331: „Der Betriebsführer ist verpflichtet, für die unveränderte Erhaltung der Markscheiderzeichen und Festpunkte zu sorgen.“

II. Die Längenmeßwerkzeuge.

22. Die Längeneinheit. Als Einheit für die Längenmessung dient das Meter, ursprünglich der 40-millionste Teil des Erdumfanges. Mit der Vervollkommnung der astronomischen und geodätischen Instrumente und Beobachtungsmethoden erhielt man bald genauere Werte für den Erdumfang, heute gilt die Zahl 40 070 368 m für den Äquator. Das Meter ist also kein feststehendes Maß, das man in jedem Augenblick wieder aus der Natur ableiten kann. In dem Verkehr der Völker untereinander gilt als Urmeter ein Platinstab, welcher im internationalen Bureau für Maße und Gewichte in Bréteuil bei Paris aufbewahrt wird. Von dem Urmeter wurden genaue Kopien hergestellt und an die einzelnen Staaten verteilt. Deutschland erhielt den Stab Nr. 18, welcher sich im Besitz der Kaiserlichen Normaleichungskommission in Berlin-Charlottenburg (Werner-Siemensstraße 27/28) befindet. Von dem Berliner Normalmeter wurden wieder Kopien genommen und an die einzelnen Eichämter im Lande verteilt, welche die im Handel gebrauchten Längenmaße prüfen. Neben der Kaiserlichen Normaleichungskommission nimmt auch die Physikalisch-Technische Reichsanstalt auf Antrag Maßprüfungen vor.

Das Meter (m) wird untergeteilt in 10 Dezimeter (dm), 100 Zentimeter (cm) und 1000 Millimeter (mm). 1000 m gleich 1 Kilometer (km).

23. Alte Längenmaße. Bis zum Jahre 1893 waren in Deutschland noch andere Längenmaße zugelassen, z. B. der Fuß und die Elle. Die Länge eines Fußes war in den einzelnen Gebieten verschieden, es gab rheinische Fuß, hessische Fuß usw. Der preußische Fuß = 12 Zoll ist 0,31385 m lang, 1 Zoll = 2,615 cm. Andere bisweilen noch gebräuchliche Längenmaße sind folgende:

1 Rute = 12 Fuß = 144 Zoll = 3,7662 m

1 Lachter, ein altes, bergmännisches Maß, = 2,0924 m

1 geographische Meile = 7,42044 km

1 Seemeile gleich der Länge einer Äquatorminute = 1,855 km =
 $\frac{1}{4}$ geographische Meile

1 englische Meile = 1760 Yard = 1,609 km.

24. Die Meßlatten. In dem bekannten Zollstock tritt die Längeneinheit selbst als Maßstab auf. Für die Messung größerer Längen dienen Meßlatten, Meßbänder und Meßketten.

Die Meßlatten bestehen meist aus 5 m langen Holzstäben aus astfreiem gut abgelagertem Tannenholz, welche an den Enden mit Metallschuhen versehen sind (Fig. 47). Die Stangen haben elliptischen Querschnitt von etwa 50×30 mm in der Mitte und 40×30 mm an den Enden. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Abfasern des Holzes werden sie mit Ölfarbe überstrichen und zwar von Meter zu Meter abwechselnd weiß und schwarz oder weiß und rot. Die Unterteilung in Dezimeter erfolgt durch Messingnägel mit runden Köpfen; Zentimeter und Millimeter werden mit einem Zollstock gemessen.

Statt der Fünfmeterlatten werden besonders in engen Verhältnissen die handlicheren 3- und 4 m-Latten benutzt.

25. Die Meßbänder. Die genauen und dauerhaften Meßbänder bestehen aus gehärtetem Stahlblech von meist 20 oder 30 m Länge mit einem Querschnitt von $12\text{--}20$ mm \times $0,2\text{--}0,4$ mm. In Bezug auf die Einteilung ist zwischen Endmaßen und Strichmaßen zu unterscheiden. Während die Meßlatten durchweg Endmaße sind, bei welchen Anfang und Ende mit dem Anfang und Ende eines Meters zusammenfallen, liegen Anfangs- und Endpunkt bei vielen Meßbändern auf dem Bande selbst.

Bei Messungen über Tage wird das in der Figur 48a dargestellte Meßband benutzt, bei welchem Anfangs- und Endpunkt der Teilung durch je zwei auf den Endringen angebrachte Striche bezeichnet sind. Durch die Endringe werden etwa 1,4 m lange Stäbe gesteckt, welche genau in die Ringe passen, so daß ihre Spitzen bei vertikaler Stellung der Stäbe in der Lotlinie durch die Ringmitten liegen.



Fig. 47. 5 m. Meßlatten.

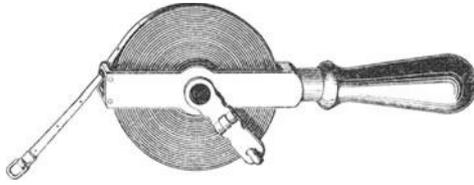


Fig. 49. Rollen-Stahlmeßband.

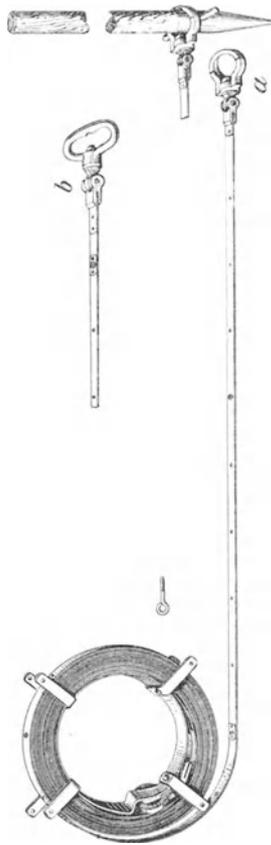


Fig. 48. Stahlmeßband.

Bei den Grubenmessungen wird vielfach die aus der Figur 48 b ersichtliche Ausführung verwendet, bei welcher das Band statt in Ringen in kräftigen Handgriffen endigt. Anfangs- und Endpunkt der Teilung liegen auf dem Bande selbst, etwa 20 cm von den Handgriffen entfernt.

In der Figur 49 ist ein leichtes und handliches Rollen-Stahlmeßband wiedergegeben, welches unter Tage gern benutzt wird. Äußerlich diesem ähnlich aber viel ungenauer sind die Meßbänder aus Leinen, welche nur für untergeordnete Messungen in Betracht kommen.

Bei den Messungen von Schachtteufen sind Stahlmeßbänder bis zu 1000 m Länge im Gebrauch.

Die Länge der Meßbänder ändert sich mit der Spannung, mit der sie straff gezogen werden. Infolgedessen werden bei sehr feinen Messungen besondere Spannungsmesser angewendet. Ferner ändert sich die Länge der Stahlmeßbänder mit der Temperatur, so daß auch diese bei wichtigen Messungen bestimmt und berücksichtigt werden muß. Die Bänder sind in der Regel auf eine Gebrauchstemperatur von $+ 18^{\circ} \text{C}$ geeicht, findet die Messung bei niedrigerer Temperatur statt, so ist das Meßband zu kurz und die gefundene Länge zu groß. Bei Temperaturen über 18°C sind die Bänder zu lang und die Längen werden dann zu kurz. Der Temperaturkoeffizient beträgt für Stahl 0,000011, die Längenänderung demnach für 1° Temperaturänderung 0,011 mm pro Meter oder rund 1 mm bei einer Länge von 100 m. Da Temperaturunterschiede von 20° und Längen von mehr als 1000 m vorkommen, so kann der Einfluß der Temperatur mehrere Dezimeter erreichen.

26. Die Meßkette. Ein fast nur in der Markscheidekunde bekanntes Längenmeßwerkzeug ist die in der Figur 50 dargestellte 20 m lange Meß-

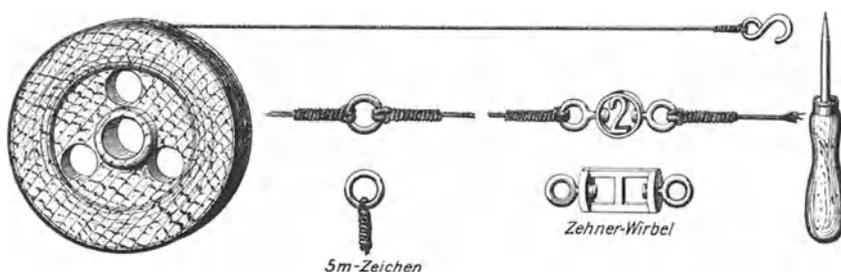


Fig. 50. Meßkette.

kette aus gesponnenem Messingdraht. Die einzelnen Meter sind abwechselnd durch Ringe und Wirbel untereinander verbunden. In den Wirbeln sind häufig zur leichteren Auffindung der vollen Meter die geraden Zahlen angebracht. Der Zehnerwirbel hat aus demselben Grunde eine besondere Form erhalten, desgleichen ist das fünfte und fünfzehnte Meter durch ein kleines Anhängsel aus geflochtenem Messingdraht ge-

kennzeichnet. Am Anfang und am Ende der Kette sind Haken angebracht, welche beim Messen in die Durchbohrungen der Ringeisen oder über Pfriemen (Fig. 50 rechts) gehängt werden. Das Material der Kette besteht aus Messing, weil dasselbe die bei der Kompaßmessung, bei der die Kette vorwiegend angewendet wird, benutzte Magnetnadel im Gegensatz zu Stahl und Eisen nicht ablenkt. Statt Messing wird neuerdings auch Phosphorbronzedraht verwendet, welcher ebenfalls nicht auf Magnete wirkt.

Die Meßketten ändern ihre Länge zwar auch mit der Temperatur, jedoch ist dieser Einfluß im Verhältnis zu den sonstigen Ungenauigkeiten einer Kettenmessung sehr gering und kann vernachlässigt werden. Dagegen dehnt sich die Kette beim Anziehen ziemlich stark, es ist deshalb eine häufigere Nachprüfung an einem Vergleichsapparat erforderlich.

III. Die Vergleichsapparate (Komparatoren) für Längenmeßwerkzeuge.

Allgemeines. Alle Längenmeßwerkzeuge müssen von Zeit zu Zeit nachgeprüft werden, weil ihre Länge sich ändert. Die Meßlatten werden durch Eintrocknen kürzer, durch Feuchtigkeit länger, die Stahlmeßbänder erhalten beim Gebrauch leicht Knicke oder dehnen sich unter zu starkem Zug, die Meßketten werden durch starkes Anziehen erheblich länger. Für die Prüfung der Meßwerkzeuge gibt es besondere Vergleichsapparate oder Komparatoren.

27. Der Vergleichsapparat für Meßlatten. Der Vergleichsapparat für Meßlatten (Fig. 51) besteht aus einer festen ebenen Unterlage U, auf welcher im Abstand von etwas mehr als 5 m zwei Stahlschneiden S_1 und S_2 befestigt sind. Zur Messung des Abstandes der festen Schneiden dienen zwei Normalmeter aus Stahl (Fig. 51 oben), welche auf der Unterlage U abwechselnd vorsichtig aneinandergelegt werden. Das Reststück d_1 wird mit einem Meßkeil M gemessen. Der Meßkeil besteht aus Stahl und ist mit einer Teilung versehen, an welcher die Dicke des Keiles an der Stelle, wo die Schneide S_2 steht, auf $\frac{1}{100}$ oder $\frac{1}{1000}$ mm genau abgelesen werden kann.

Unter Berücksichtigung der wahren auf dem eichamtlichen Prüfungsschein angegebenen Länge der Normalmeter und des Temperatureinflusses berechnet man den wahren Abstand der Schneiden S_1 und S_2 . Dann wird die zu untersuchende Latte (Fig. 51 unten) zwischen die Schneiden gelegt und der an einer Seite verbleibende Zwischenraum d_2 wieder mit einem Meßkeil gemessen.

Ein Beispiel möge das Verfahren erläutern, wobei der Einfachheit wegen angenommen sei, daß beide Normalmeter bei 0°C ihre richtige Länge haben. Wenn nun die Messung bei $+20^\circ \text{C}$ vorgenommen und

am Meßkeil das Reststück $d_1 = 12,43$ mm abgelesen wurde, so ergibt sich der Abstand der Schneiden aus:

$$S_1 S_2 = 5 \text{ m} + 5 \times 20 \times 0,011 \text{ mm} + 12,43 \text{ mm} = 5 \text{ m} + 13,53 \text{ mm}.$$

Nach dem Auflegen einer 5 m-Latte sei am Meßkeil das Reststück $d_2 = 9,17$ mm abgelesen, dann beträgt die Länge der Latte $5 \text{ m} + 13,53 \text{ mm} - 9,17 \text{ mm} = 5 \text{ m} + 4,36 \text{ mm}$, d. h. die Latte ist 4,36 mm zu lang.

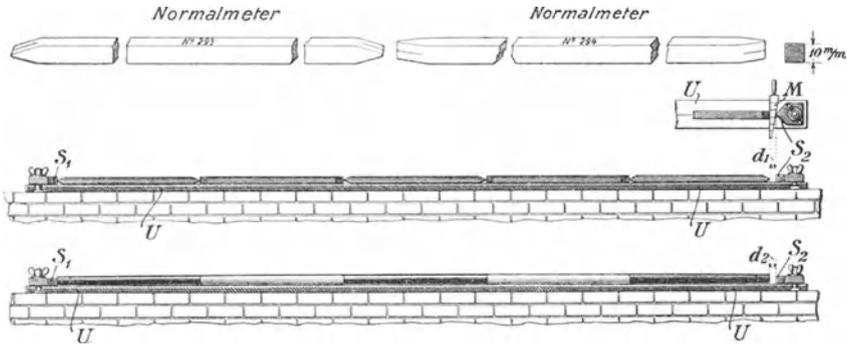


Fig. 51. Vergleichsapparat für Meßplatten.

Man könnte die betreffende Latte berichtigen, indem man das überschießende Stück abschneidet. Da im Laufe der Zeit doch wieder eine Längenänderung auftreten wird, sieht man von einer Berichtigung ab und vergrößert statt dessen die mit der Latte gemessene Länge um 4,36 mm auf je 5 m.

Bei der Vergleichung von Vier- oder Dreimeterlatten kann man denselben Schneidenabstand benutzen, wenn man gleichzeitig mit der Latte ein oder zwei Normalmeter auflegt.

28. Der Vergleichsapparat für Meßbänder. Der Vergleichsapparat für Meßbänder (Fig. 52), besteht aus einer festen ebenen Unterlage U, auf welcher links ein Bolzen B eingeschraubt ist, über dessen Kopf der Ring des Meßbandes genau paßt, so daß die Nullmarke des Bandes mit der Mitte des Schraubenkopfes zusammenfällt. Am rechten Ende der Unterlage ist eine Millimeterteilung angebracht, an welcher die Stellung der Endmarke des straff gezogenen Bandes abgelesen werden kann. Die Spannung des Bandes erfolgt durch das über die Rolle R geführte Gewicht G von 5—10 kg. Auf der Unterlage sind in Abständen von je einem Meter kleine Querstriche eingeritzt, so daß die Länge des Bandes auch von Meter zu Meter geprüft werden kann.

Der Abstand zwischen der Mitte des Schraubenkopfes und dem Nullpunkt der Millimeterteilung, die Länge des Komparators, wird mit Normalmetern gemessen, wobei ebenso wie bei der nachfolgenden Ver-

gleichung des Meßbandes der Einfluß der Temperatur zu berücksichtigen ist.

Für die Vergleichung von Meßbändern, deren Anfangs- und Endpunkte statt in der Mitte der Ringe auf dem Bande selbst liegen, ist auf der linken Seite der Unterlage ein verschiebbarer Dorn angebracht (Fig. 52 links), über den der Handgriff des Bandes gehängt wird. Der Nullpunkt des Bandes wird durch Verschieben des Dornes mit dem Nullpunkt des Komparators zur Deckung gebracht und dann die Länge des straff gezogenen Bandes rechts an der Millimeterteilung abgelesen.

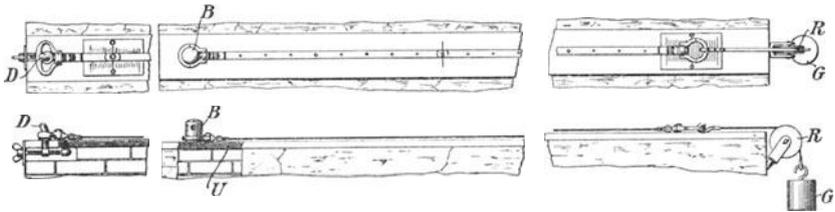


Fig. 52. Vergleichsapparat für Meßbänder.

Beispiel für die Vergleichung eines Meßbandes. Der Abstand der Nullpunkte eines 20 m langen Komparators sei mit Normalmetern bei einer Temperatur von $+10^{\circ}\text{C}$ gemessen und dabei an der Millimeterteilung 2,8 mm zu viel abgelesen, dann beträgt seine genaue Länge:

$$l = 20 \text{ m} + 20 \times 10 \times 0,011 \text{ mm} - 2,8 \text{ mm} = 20 \text{ m} - 0,6 \text{ mm}.$$

Der Komparator ist also bei der Temperatur von 10° um 0,6 mm zu kurz. Reicht nun die Endmarke des aufgelegten Meßbandes wie in der Figur 52 um 1,5 mm über die Endmarke des Komparators (Nullstrich der Millimeterteilung) hinaus, so beträgt die Länge des Bandes $20 \text{ m} - 0,6 \text{ mm} + 1,5 \text{ mm} = 20 \text{ m} + 0,9 \text{ mm}$. Das Band ist also bei einer Temperatur von $+10^{\circ}\text{C}$ um 0,9 mm zu lang. Setzt man die Gebrauchstemperatur, für welche die Eichung erfolgen soll, auf $+18^{\circ}\text{C}$ fest, so beträgt die hierzu gehörige Länge des Meßbandes:

$$20 \text{ m} + 0,9 \text{ mm} + 20 (18 - 10) 0,011 \text{ mm} = 20 \text{ m} + 2,66 \text{ mm}.$$

Wenn mit einem solchen Bande eine Länge von etwa 1000 m bei $+25^{\circ}\text{C}$ gemessen wird, so fällt das Ergebnis um $\frac{1000}{20} \cdot 2,66 \text{ mm} + 1000 (25 - 18) 0,011 \text{ mm} = (133 + 77) \text{ mm} = 210 \text{ mm}$ zu klein aus.

29. Der Vergleichsapparat für Meßketten. Die Prüfung einer Meßkette erfolgt am einfachsten an einem ausgestreckten guten Meßbande, dessen Länge bekannt ist. Für untergeordnete Messungen genügt auch die meterweise Vergleichung mit einem guten Zollstock.

Es läßt sich aber mit sehr geringen Hilfsmitteln und Kosten leicht

eine dauernde Einrichtung für die Prüfung der Meßketten schaffen. In der einfachsten Form besteht ein solcher Vergleichsapparat aus einem einige Meter langen Brett *B*, auf welchem in Abständen von genau einem Meter Nägel eingeschlagen sind (Fig. 53). Über den linken Nagel *N* wird ein Haken der Kette gehängt und die Vergleichung von Meter zu

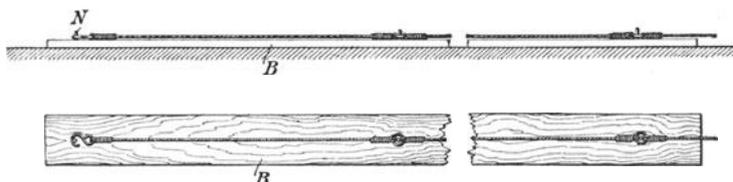


Fig. 53. Vergleichsapparat für Meßketten.

Meter vorgenommen, wobei die Nägel in die Mitte der Kettenringe bzw. -wirbel zu stehen kommen. Findet sich eine Abweichung, so wird die Verbindung an dem betreffenden Ringe oder Wirbel gelöst, der Messingdraht entsprechend weiter durchgezogen oder nachgelassen und die Verbindung von neuem geflochten. Es ist zweckmäßig, den Vergleichsapparat 20 m lang zu machen, damit die Länge der ganzen Kette auf einmal geprüft werden kann. Bei der meterweisen Vergleichung können sich die übrigbleibenden kleinen Abweichungen nach dem Ende der Kette hin häufen.

IV. Die Längenmessungen.

30. Das Abstecken und Ausfluchten einer Linie. Der eigentlichen Längenmessung voraus geht das Abstecken und Ausfluchten der zu messenden Linie. Über Tage stellt man in die Endpunkte der Linie

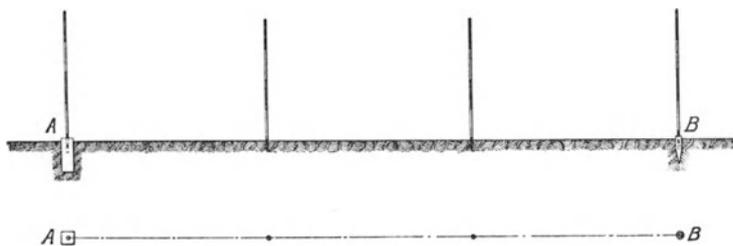


Fig. 54. Ausfluchten einer Linie.

Fluchtstäbe vertikal und richtet zwischen diesen je nach der Länge der Linie eine Anzahl weiterer Fluchtstäbe ein, damit man bei der Messung nicht aus der Richtung kommt (Fig. 54). Das Zwischenschalten der Fluchtstäbe geschieht in folgender Weise: Man stellt sich einige Schritte

von einem Endpunkte der ausgesteckten Linie auf, sieht an den Kanten der beiden vertikal stehenden Fluchtstäbe vorbei und weist einen Gehilfen, welcher einen Fluchtstab zwischen Daumen und Zeigefinger freischwebend lotrecht hält, in die Linie ein. In dem Augenblick, wo sich der neue Stab mit den bereits stehenden deckt, läßt der Gehilfe den Stab auf einen Wink zwischen den Fingern herabgleiten und stellt ihn fest. Bei einer gut ausgefluchteten Linie müssen sich alle Fluchtstäbe decken. Man prüft dies von einem Endpunkte aus, indem man den Körper langsam seitwärts neigt, es müssen dann die einzelnen Stäbe der Reihe nach zum Vorschein kommen.

Unter Tage fluchtet man mit Lampen aus, Fluchtstäbe werden dort nicht gebraucht.

31. Allgemeines über Längenmessungen. Nachdem eine Linie abgesteckt und ausgefluchtet ist, erfolgt die Längenmessung in einfacher Weise durch Aneinanderreihen der Meßwerkzeuge und Ablesen etwaiger Bruchteile derselben am Ende der Linie.

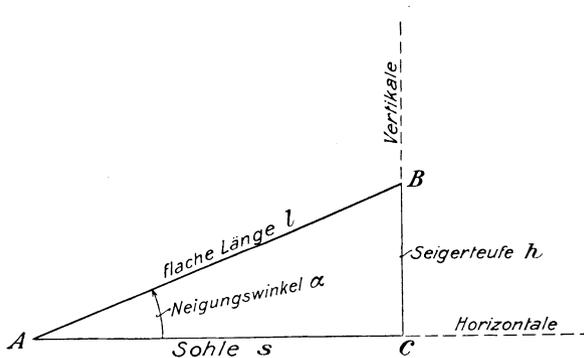


Fig. 55. Beziehung zwischen flacher Länge, Sohle und Seigerteufe.

Über Tage werden vorwiegend Meßplatten und Meßbänder benutzt, unter Tage dagegen neben dem Meßband fast nur die Meßkette. Meßplatten werden in der Grube nur ganz ausnahmsweise verwendet. Je nach der Richtung einer Linie in Bezug auf eine Horizontalebene könnte man die Längenmessungen in horizontale, vertikale und geneigte Messungen einteilen. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den söhligigen, seigeren und flachen Messungen besteht jedoch nicht. Eine Ausnahmestellung nehmen nur die Schachtteufenmessungen ein, welche in dem Paragraphen 36 besprochen sind.

Im übrigen stehen die drei Richtungen söhlig, seiger und flach durch den Neigungs- oder Fallwinkel untereinander in fester Beziehung (Fig. 55). Mißt man außer der flachen Länge den Neigungswinkel einer Linie, so lassen sich Sohle und Seigerteufe daraus berechnen.

32. Die Messungen mit Meßblättern. Zur Messung einer Linie sind zwei Latten erforderlich, welche vorsichtig abwechselnd aneinandergereiht werden, wobei auf die Einhaltung der Richtung zu achten ist. Die hintere Latte wird vor dem Aufheben etwas zurückgezogen, damit die vordere nicht angestoßen und verschoben wird. Das Zählen der einzelnen Lattenlängen geschieht laut im Augenblick des Aufhebens; eine Latte, welche noch liegt, gilt als noch nicht gezählt. Zählfehler kann man dadurch vermindern, daß man die Messung immer mit einer bestimmten Latte, etwa weiß-rot, beginnt, weil diese dann in der ganzen

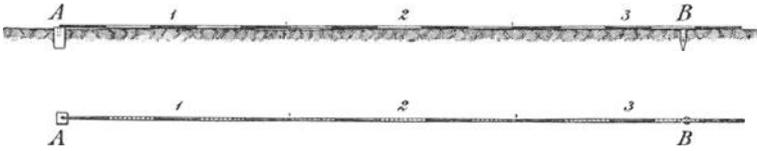


Fig. 56. Messung einer horizontalen Länge mit Meßblättern.

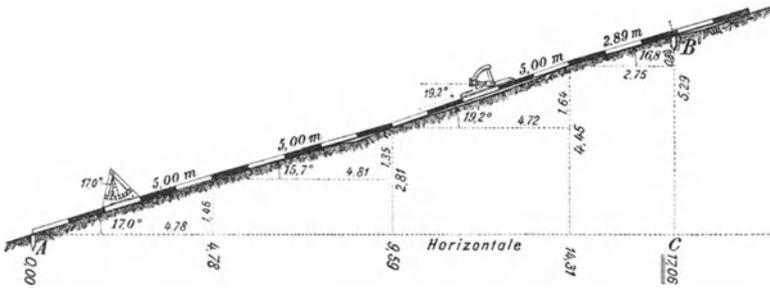


Fig. 57. Messung einer geneigten Länge mit Meßblättern.

Linie eine ungerade Zahl bekommt. Der Endpunkt der Linie wird an der letzten Latte auf Meter und Dezimeter abgelesen, die überschießenden Zentimeter und nötigenfalls Millimeter werden mit einem Zollstock gemessen. Ein einfaches Beispiel einer horizontalen Längenmessung zeigt die Figur 56.

Jede Linie ist zweimal zu messen und zwar einmal hin und einmal zurück, denn nur die Wiederholung einer Messung schützt vor groben Zähl- und Ablesefehlern.

Auf geneigtem Gelände muß der Neigungswinkel jeder einzelnen Latte mit einem Libellenquadranten (Fig. 34) oder einem Neigungsmesser (Fig. 35) gemessen werden, wie es in der Figur 57 angedeutet ist. Die gemessenen flachen Längen ergaben dort $3 \times 5 \text{ m} + 2,89 \text{ m} = 17,89 \text{ m}$, während die horizontale Entfernung AC der beiden Punkte A und B aus der Rechnung zu 17,06 m hervorgeht. Der berechnete vertikale Abstand BC beträgt 5,29 m.

An steilen Abhängen und Böschungen wird vielfach nach der Staffelmethode gemessen, wobei die einzelnen Latten mit einer Bleiwage oder einer Libelle (Wasserwage) horizontal gerichtet und ihre Endpunkte durch Abloten aneinandergereiht werden (Fig. 58). Benutzt man statt des Lotes eine zweite Latte, so kann man an ihr den Höhenunterschied der Punkte ablesen (Fig. 58 links).

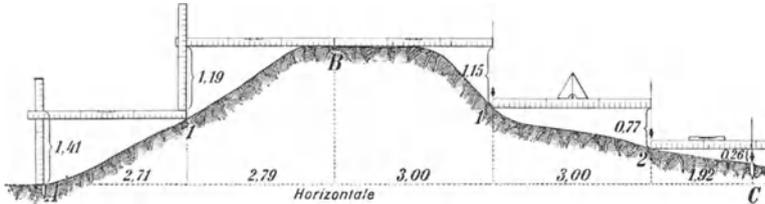


Fig. 58. Staffelmessung.

33. Die Messungen mit dem Stahlmeßband. Das Meßband wird längs der Linie ausgespannt und eingerichtet. Darauf bringt man den Nullpunkt der Teilung mit dem Anfangspunkt der Linie genau zur Deckung, läßt das Band straff ziehen und macht am Endpunkt ein Zeichen auf der Unterlage. Bei den Längenmessungen über Tage wird vielfach das in der Figur 48 a (Seite 35) dargestellte Meßband mit Richtstäben benutzt. Man steckt den einen Stab in den Anfangspunkt der Linie, richtet den

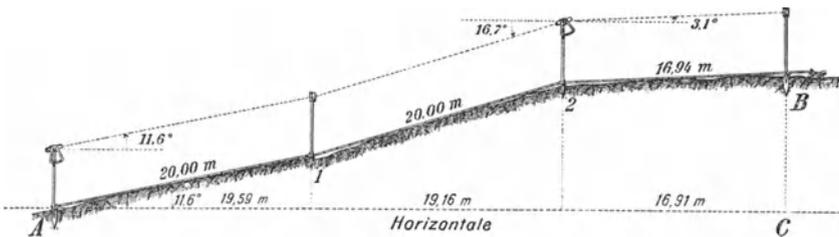


Fig. 59. Messung einer geneigten Länge mit dem Meßbande.

zweiten ein und stößt die Spitze desselben nach dem Anziehen des Bandes in den Boden. Darauf rückt das ganze Band um seine Länge vor, und der erste Stab wird in das vom zweiten hinterlassene Loch gesetzt. Den Endpunkt der zu messenden Linie liest man auf Meter und Dezimeter unmittelbar am Meßband ab, die überschießenden Zentimeter und Millimeter werden mit einem Zollstock gemessen. Um Zählfehler zu vermeiden, werden besondere Zähnnadeln verwendet, die man am Ende jeder Meßbandlage in den Boden steckt. Auf geneigtem Gelände wird entweder Staffelmessung angewendet oder der Neigungswinkel jeder Bandlänge gemessen. Zur Messung des Neigungs-

winkels bedient man sich eines Gefällmessers und einer Zielscheibe. Die Zielachse des Gefällmessers, welche gewöhnlich aus einer einfachen Visiervorrichtung besteht, und die Mitte der Zielscheibe liegen in gleicher Höhe über dem Meßbande, so daß die Zielungen parallel zum Bande werden. Infolgedessen kann man an dem Gefällmesser unmittelbar den Fallwinkel des Meßbandes ablesen (Fig. 59). Das Verfahren, bei welchem besonders auf die lotrechte Stellung der Stäbe zu achten ist, liefert keine sehr genauen Werte. Bei geringen Neigungen, etwa bis 15° , genügt es aber in vielen Fällen für die Ermittlung der söhligen Entfernungen, dagegen werden die Seigerteufen sehr unsicher. Sie sind deshalb auch in dem in der Figur 59 angegebenen Beispiel nicht berechnet worden.

Es gibt Gefällmesser, welche statt des Neigungswinkels unmittelbar die söhlige Entfernung abzulesen gestatten, also statt z. B. einen Fallwinkel von $11,6^\circ$ anzuzeigen, geben sie die Sohle 19,59 m an.

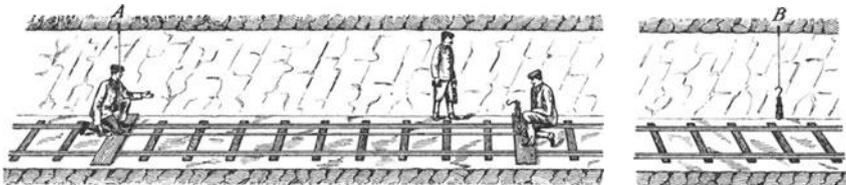


Fig. 60. Längenmessung mit dem Stahlmeßband unter Tage.

Ein unter Tage in söhligen Strecken angewendetes Verfahren mit Benutzung des in der Figur 48 dargestellten Meßbandes erläutert die Figur 60.

Geneigte Messungen mit dem Meßbande kommen unter Tage meist nur in Verbindung mit Theodolitmessungen in Bremsbergen und Überhauen vor. Dabei können die Längen entweder in der Ziellinie über Spreizen oder über die Sohle gemessen werden, falls das Einfallen gleichmäßig ist. Die Neigungswinkel werden mit dem Theodolit bestimmt. In manchen Fällen, namentlich, wenn es auf sehr große Genauigkeit nicht ankommt, kann man die Längen an den Bremsbergschienen entlang messen und die Schienenneigungen mit einem Libellenquadranten (Fig. 34, Seite 27) abnehmen. Im übrigen verwendet man in geneigten Strecken am besten den Gradbogen (Fig. 36, Seite 28), welcher an die Meßkette gehängt wird. Will man eine größere Genauigkeit erzielen, so bestimmt man den Neigungswinkel statt an der Kette an einer straff gespannten Schnur.

Bei der Messung mit freischwebendem Meßbande ist die Verkürzung infolge des Durchhanges zu berücksichtigen. Bezeichnet in der Figur 61

l die Länge des Bandes und h seine Durchbiegung, dann ergibt sich die Verkürzung v bei horizontalen Längen aus:

$$v = \frac{8 h^2}{3 l}$$

Ist z. B. $l = 20$ m und $h = 20$ cm, so wird:

$$v = \frac{8 \cdot 20^2}{3 \cdot 20 \cdot 100} \text{ cm} = 0,5 \text{ cm} = 5 \text{ mm.}$$

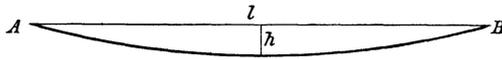


Fig. 61. Durchbiegung des freischwebenden Maßbandes.

Die gemessene Länge beträgt also statt 20 m nur 19,995 m.

Die Größe der Durchbiegung eines Bandes ist von seiner Schwere und Anspannung, sowie von dem Neigungswinkel der Linie abhängig. Sie muß deshalb für jedes Band, jede Spannung und jede Neigung besonders ermittelt werden. Statt dessen ist es einfacher, die Durchbiegung durch Unterstützung des Bandes in der Mitte oder an mehreren Punkten so weit zu verringern, daß ihr Einfluß vernachlässigt werden kann. Beträgt die Durchbiegung z. B. statt 20 cm nur 5 cm, so sinkt ihr Einfluß bei einer Länge von 20 m unter $\frac{1}{2}$ mm und kann vernachlässigt werden.

34. Die Längenmessung mit der Meßkette. Die Längenmessungen mit der Meßkette (Fig. 50, Seite 36) sind ihrer Einfachheit wegen sehr beliebt. Man hängt einen Haken in den Anfangspunkt der Linie, entweder in das vorhandene Ringeisen oder über einen Pfriemen, und spannt die Kette freischwebend aus. Am Endpunkt wird die Kette wieder über einen Pfriemen gezogen. Der Beobachter geht dann an ihr entlang und prüft, ob sie freihängt. Bei flachen Längen wird der Gradbogen (Fig. 36, Seite 28) angehängt und der Neigungswinkel abgelesen. Man kann die Kette natürlich auch zu Längenmessungen auf der Sohle benutzen, jedoch zieht man hier das ebenfalls bequeme und genauer arbeitende Maßband vor.

35. Die Genauigkeit der Längenmessungen. Keine Messung ist absolut genau, mag sie mit noch so feinen Instrumenten und mit der größten Sorgfalt ausgeführt sein. Das Ergebnis bleibt immer in gewissen Grenzen unsicher, auch wenn grobe Fehler, z. B. Ablesefehler oder Fehler der Meßwerkzeuge, ausgeschlossen sind. Der Grund für diese Erscheinung liegt außer in der unvermeidlichen Ungenauigkeit und Unbeständigkeit der Meßwerkzeuge in der Unvollkommenheit der menschlichen Sinne und Beobachtungsmethoden. Die Grenze des zulässigen Fehlers, mit dem das Ergebnis einer Messung behaftet sein darf, hängt von ihrem praktischen Zweck ab. Während z. B. bei der

Messung der Lichtwellenlänge eine Genauigkeit von einem Millionstel Millimeter verlangt werden muß, genügt für die gewöhnlichen Längenmessungen in der Vermessungskunde meist eine Genauigkeit von Zentimetern, zuweilen sogar von Dezimetern. Die Genauigkeit, mit welcher eine Messung ausgeführt ist, wird durch Wiederholungsmessungen bestimmt. Theoretisch würde man die wahre Größe einer Länge erst im Mittel aus unendlich vielen Messungen erhalten. In der Praxis begnügt man sich mit zwei- oder höchstens dreifacher Messung und nimmt an, daß das Mittel aus den Einzelmessungen den richtigen Wert darstellt. An den Differenzen zwischen den Ergebnissen der Einzelmessungen beurteilt man die Genauigkeit und Brauchbarkeit der Messungen.

Auf Grund ausgedehnter Versuchsmessungen sind Fehlergrenzen aufgestellt worden, welche in brauchbaren Messungen nicht überschritten werden dürfen. Die (VIII.) Anweisung vom 25. Oktober 1881 für das Verfahren der Erneuerung der Karten und Bücher des preußischen Grundsteuerkatasters enthält folgende

Zahlentafel der Fehlergrenzen bei Längenmessungen.

Gemessene Länge	Zulässige Differenz zwischen zwei Messungen.		
	I. unter günstigen Verhältnissen	II. unter mittleren Verhältnissen	III. unter ungünstigen Verhältnissen
10 m	0,06 m = 0,60 ‰	0,08 m = 0,80 ‰	0,09 m = 0,90 ‰
50 „	0,14 „ = 0,28 „	0,18 „ = 0,36 „	0,20 „ = 0,40 „
100 „	0,21 „ = 0,21 „	0,26 „ = 0,26 „	0,30 „ = 0,30 „
200 „	0,32 „ = 0,16 „	0,39 „ = 0,20 „	0,45 „ = 0,22 „
300 „	0,41 „ = 0,14 „	0,50 „ = 0,17 „	0,57 „ = 0,19 „
400 „	0,49 „ = 0,12 „	0,60 „ = 0,15 „	0,69 „ = 0,17 „
500 „	0,57 „ = 0,11 „	0,70 „ = 0,14 „	0,81 „ = 0,16 „
1000 „	0,95 „ = 0,08 „	1,16 „ = 0,12 „	1,34 „ = 0,13 „

Die Fehlergrenzen für Grubenmessungen mit dem Stahlmeßband sind bedeutend enger gehalten. Aus den an zahlreichen praktischen Messungsbeispielen vorgenommenen Untersuchungen der Fehlerkommission des Deutschen Markscheider-Vereins entstand folgende

Zahlentafel der Fehlergrenzen bei Längenmessungen mit dem Stahlmeßband in den Hauptgrubenzügen.

Gemessene Länge	Zulässige Differenz zwischen zwei Messungen in Millimetern.		
	I. bei einer Neigung von 0 ⁰ —5 ⁰	II. bei einer Neigung von 5 ⁰ —45 ⁰	III. bei einer Neigung von 45 ⁰ —90 ⁰
10 m	6 mm	12 mm	12 mm
50 „	16 „	27 „	28 „
100 „	27 „	42 „	43 „
200 „	49 „	68 „	75 „
300 „	71 „	94 „	105 „

Gemessene Länge	Zulässige Differenz zwischen zwei Messungen in Millimetern		
	I. bei einer Neigung von 0°—5°	II. bei einer Neigung von 5°—45°	III. bei einer Neigung von 45°—90°
400 m	93 mm	120 mm	134 mm
500 „	115 „	145 „	163 „
600 „	136 „	171 „	193 „
700 „	158 „	196 „	222 „
800 „	180 „	221 „	251 „
900 „	202 „	245 „	280 „
1000 „	224 „	253 „	310 „
1500 „	333 „	398 „	456 „
2000 „	442 „	524 „	602 „
2500 „	551 „	649 „	748 „
3000 „	660 „	775 „	894 „

Die Längenmessungen mit der Kette sind viel ungenauer als die Stahlbandmessungen.

Nach den allgemeinen Vorschriften für die Markscheider im Preussischen Staate vom 21. Dezember 1871 soll die Differenz in der sölhigen Länge nicht mehr als $\frac{1}{800}$ der gemessenen Länge betragen, also bei 100 m nicht mehr als $12\frac{1}{2}$ cm.

Bei sorgfältiger Messung mit einer guten Kette kann man annehmen, daß eine einmal gemessene Länge von 20 m Länge etwa 5 cm = $\frac{1}{4}$ % unsicher ist. Auf 100 m ergibt sich daraus eine Unsicherheit von $\pm 5 \sqrt{\frac{100}{20}} = \pm 11$ cm = $\frac{1}{10}$ %, auf 1000 m ± 35 cm = $\frac{1}{30}$ %.

Hier wie auch in den obigen Zahlentafeln sieht man, daß das Ergebnis bei größeren Längen verhältnismäßig günstiger ist als bei ganz kurzen Entfernungen. Es kommt dies daher, daß die Fehler nur proportional mit der Quadratwurzel aus der gemessenen Länge zunehmen.

Man kann die Genauigkeit einer Messung durch Wiederholungen steigern. Die Genauigkeit steigt aber ebenfalls nur mit der Quadratwurzel aus der Anzahl der Wiederholungsmessungen, so daß eine vier-, neun-, sechzehn- bzw. hundertfach gemessene Länge 2, 3, 4 bzw. 10 mal genauer ist, als eine einfach gemessene. Zahlreiche Wiederholungen einer Messung sind deshalb unwirtschaftlich, man begnügt sich vorteilhafter mit einer sorgfältig ausgeführten Doppelmessung.

36. Die Schachtteufenmessungen. In wenig tiefen Schächten kann man mit dem Meßband oder der Kette an den senkrechten Schachthölzern bzw. den Spurlatten entlang messen. Die Figur 62 zeigt die absatzweise Teufenmessung in einem blinden Schacht. Der Anhaltepunkt a der Kette bzw. des Meßbandes liegt dort 1,46 m über der Sohle, dann folgen zwei ganze Längen zu 20 m und ferner ein Bruchstück von 15,24 m bis zum Endpunkt b, welcher 0,84 m über der Sohle angebracht ist.

In a und b sind Ringeisen geschlagen. Der Sohlenabstand zwischen dem Hauptquerschlag und der Teilsohle berechnet sich zu:

$$1,46 + 20,00 + 20,00 + 15,24 - 0,84 \text{ m} = 55,86 \text{ m}.$$

Zur Messung von tiefen Schächten, insbesondere der Förderschächte, werden neuerdings fast ausschließlich sehr lange Stahlmeßbänder benutzt.

Das auf eine große mit Haspel und Feststellvorrichtung versehene Rolle gewickelte Schachtmeßband wird an der obern oder untern Hängebank aufgestellt und dann das Band über eine kleine Laufrolle in den

Schacht herabgelassen (Fig. 63) und zwar möglichst gleich bis zur tiefsten Sohle. Nach erfolgter Feststellung des Haspels liest man an der Hängebank und in den Füllörtern der verschiedenen Sohlen, wo in der Regel besondere

Höhenfestpunkte angebracht sind, ab. In der Figur 63 ist abgelesen: 0,473 m an der II., 94,154 m an der I. Sohle und 306,421 m an der Rasenhängebank.

Aus diesen Zahlen ergibt sich die Teufe des Schachtes bis zur I. Sohle zu 306,421

— 94,154 = 212,267 m und bis zur II. Sohle zu 306,421 — 0,473 = 305,948 m.

Diese Resultate ergeben sich ohne Rücksicht auf die Längenänderungen des Stahlbandes unter den Einflüssen der Temperatur und des eigenen Gewichtes. Das benutzte Band hat bei + 20° C seine richtige Länge, während der Messung herrschte aber im Schacht eine Temperatur von + 10° C. Die Verkürzung des Bandes betrug deshalb bis zur I. Sohle $212 \times 10 \times 0,011 \text{ mm} = 23 \text{ mm}$ und bis zur II. Sohle 34 mm. Um diese Beträge sind die aus den unmittelbar abgelesenen Zahlen berechneten Teufen zu groß.

Die Längung vertikal freihängender Stahlmeßbänder ist für alle Bänder gleich und nur von der Länge des freihängenden Bandstückes abhängig. Sie ist aus der nachstehenden auf Grund praktischer Untersuchungen entstandenen Zahlentafel zu entnehmen.

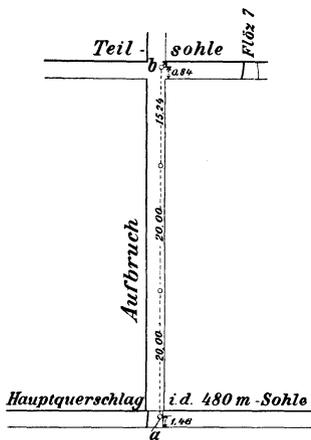


Fig. 62. Absatzweise Teufenmessung.

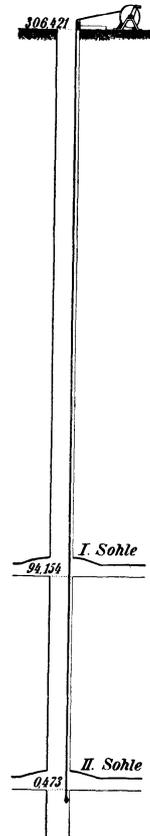


Fig. 63. Schachtteufenmessung.

Zahlentafel der Längung vertikal freihängender Stahlmeßbänder durch Eigengewicht (nach Haußmann).

Teufe m	Länge des freihängenden Meßbandes in Metern						
	20	50	100	200	300	400	500
Längung in Millimetern.							
20	0,1	0,3	0,7	1,5	2	3	4
50		0,5	1,5	3	5	7	9
100			2	6	10	14	18
200				8	16	23	31
300					18	29	41
400						31	47
500							49

In dem oben angeführten Beispiel (Fig. 63) beträgt die Teufe bis zur I. Sohle rund 212 m, die Länge des freihängenden Bandes 306 m. Hierzu gehört der Tafelwert 16 mm, um den die aus den unmittelbar abgelesenen Zahlen berechnete Teufe vermehrt werden muß. Die Teufe bis zur II. Sohle wurde zu rund 306 m gefunden, wozu der Tafelwert 18 mm gehört.

Bringt man die Korrekturen wegen der Temperaturverschiedenheit und der Längung durch das Eigengewicht des Bandes an die aus den unmittelbar abgelesenen Zahlen berechneten Teufen an, so erhält man folgende Werte:

$$\text{Teufe der I. Sohle} = 212,267 - 0,023 + 0,016 \text{ m} = 212,260 \text{ m}$$

$$\text{Teufe der II. Sohle} = 305,948 - 0,034 + 0,018 \text{ m} = 305,932 \text{ m}$$

Die zulässigen Fehlergrenzen bei Schachtteufenmessungen ergeben sich aus folgender Zahlentafel:

Teufe m	Zulässige Differenz zwischen zwei Messungen mm	Teufe m	Zulässige Differenz zwischen zwei Messungen mm
10	14	500	103
50	18	600	123
100	26	700	144
200	45	800	164
300	64	900	183
400	84	1000	204

Vierter Abschnitt.

Das Abstecken rechter Winkel.

I. Die Konstruktion rechter Winkel durch Längenmessungen.

37. Allgemeines. Bei ganz kurzen Ordinaten etwa bis zu 2 m genügt häufig die Abschätzung des rechten Winkels nach dem Augenmaß. Unter Tage ist das Auge hierfür besonders empfindlich, so daß man dort rechte Winkel durch Einweisen von Lampen ziemlich genau schätzen kann. Alle scharfen Bestimmungen erfordern natürlich die Anwendung von Hilfsmitteln. Zahlreiche Konstruktionen, von denen im Nachstehenden einige erläutert werden, können mit Längenmeßwerkzeugen ausgeführt werden. Man kann unterscheiden zwischen Errichten und Fällen von Senkrechten.

38. Errichten von Senkrechten. 1. Beispiel. Auf der Linie A B soll im Punkte C die Senkrechte errichtet werden.

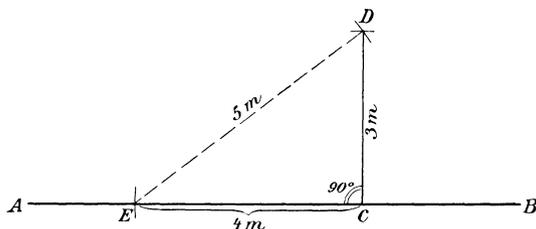


Fig. 64. Errichten einer Senkrechten. (1. Beispiel, Lösung a.)

Lösung a) (Fig. 64). Man mißt auf A B von C aus 4 m ab, schlägt um C einen Kreis mit 3 m und um E einen solchen mit 5 m Halbmesser. Verbindet man den Schnittpunkt D der beiden Kreise mit C, so steht C D senkrecht auf A B. Beweis: Pythagoras.

Lösung b) (Fig. 65). Man mißt von C aus in der Linie A B nach beiden Seiten hin gleiche Stücke ab, etwa 5 m bis zu den Punkten E und F. In diesen Punkten hakt man die Kette ein und zieht deren Mitte nach der Seite hin straff. Die Mitte D der Kette liegt dann auf

der Senkrechten durch den Punkt C. Zur Probe bestimmt man in gleicher Weise den Punkt G auf der andern Seite von A B. Die Linie G D muß dann durch C gehen.

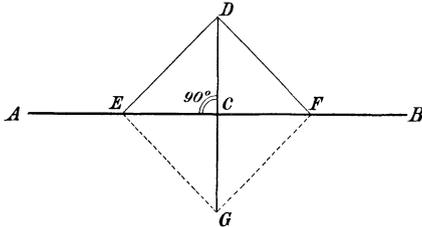


Fig. 65. Errichten einer Senkrechten.
(1. Beispiel, Lösung b.)

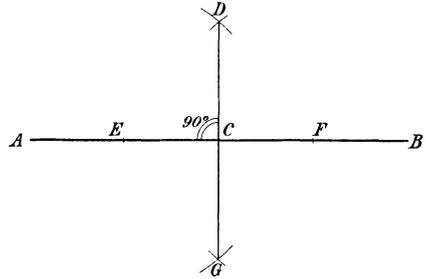


Fig. 66. Errichten einer Senkrechten.
(1. Beispiel, Lösung c.)

Lösung c) (Fig. 66). Wie unter b) werden E und F bestimmt. Darauf beschreibt man um diese Punkte mit E F bzw. F E zwei Kreise. Die Verbindungslinie der Schnittpunkte der beiden Kreise steht in C senkrecht auf A B. Man kann die Halbmesser der Kreise natürlich auch größer oder kleiner wählen als E F, jedoch ist die gleichseitige Form der Dreiecke E D F bzw. E G F die beste.

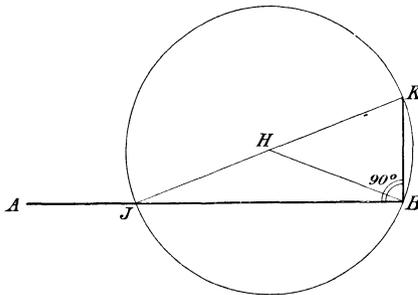


Fig. 67. Errichten einer Senkrechten. (2. Beispiel, Lösung b.)

2. Beispiel. Im Endpunkte B der Linie A B soll ein Lot errichtet werden.

Lösung a). Man verlängert A B über B hinaus und verfährt wie im 1. Beispiel.

Lösung b) (Fig. 67). Man mißt von B in beliebiger Richtung etwa nach H eine Strecke ab, beschreibt um H den Kreis mit H B und verlängert J H bis K. Dann steht K B senkrecht auf B A, weil der Winkel K B J als Umfangswinkel über dem Kreisdurchmesser J K ein Rechter ist.

39. Fällen von Senkrechten. 1. Beispiel (Fig. 68). Vom Punkte C, welcher von der Linie A B um weniger als eine Ketten- oder Meßbandlänge entfernt ist, soll die Senkrechte auf A B gefällt werden.

Lösung. Man beschreibt um C einen Kreis, welcher A B in E und F schneiden möge. Halbiert man dann die Strecke E F, so ist der Halbierungspunkt D der Fußpunkt der Senkrechten C D.

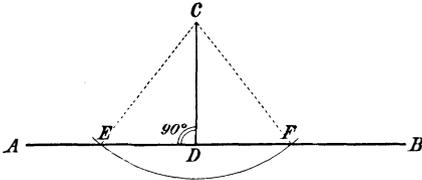


Fig. 68. Fällen einer Senkrechten.
(1. Beispiel.)

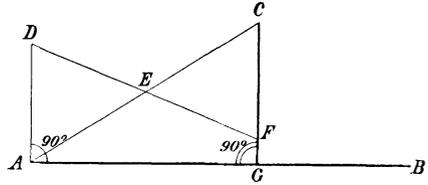


Fig. 69. Fällen einer Senkrechten.
(2. Beispiel.)

2. Beispiel (Fig. 69). Der Abstand des Punktes C von der Linie A B betrage mehr als eine Ketten- oder Meßbandlänge.

Lösung. Man errichtet in A die Senkrechte A D, zieht A C, sucht den Halbierungspunkt E und verlängert D E über E hinaus bis $E F = E D$. F ist dann ein Punkt der Senkrechten G C.

Der Beweis ergibt sich aus der Kongruenz der Dreiecke A D E und E C F, aus welcher folgt, daß $\sphericalangle E C F = \sphericalangle D A E$. C F ist also parallel D A, und da $D A \perp A B$ errichtet ist, so steht auch C F bzw. $C G \perp A B$.

II. Die Instrumente zum Abstecken rechter Winkel.

40. Die Diopterinstrumente. Das einfachste Instrument zum Abstecken eines rechten Winkels ist eine Scheibe aus Holz oder Metall, auf welcher vier Spitzen so angeordnet sind, daß ihre Verbindungslinien einen rechten Winkel miteinander bilden (Fig. 70). Indem man nacheinander über zwei gegenüberstehende Spitzen hinwegsieht, erhält man zwei aufeinander senkrecht stehende Visuren. Die Scheibe kann mit einer Hülse zentrisch auf einen Stab und dieser in den Punkt gestellt werden, von welchem die Senkrechte ausgehen soll.

Eine Zielvorrichtung mit zwei Schaulöchern bzw. einem Schauloch und einer Visiermarke nennt man Diopter. Die Figur 71 zeigt eine viel gebrauchte Form des Diopters. Auf einer Unterlage U stehen im Abstand von einigen Dezimetern zwei vertikale Platten P_1 und P_2 , welche mit Schaulöchern und Fenstern versehen sind. Durch die Mitte der Fenster sind dünne Fäden gespannt. Die Visierlinie geht von dem Schauloch aus durch die Mitte des Fensters. Durch entsprechende

Anordnung der Schaulöcher und Fenster sind gegenseitige Visuren möglich (siehe die Pfeile in der Figur 71). Statt der Schaulöcher und Fenster können auch zwei schmale Spalten benutzt werden.

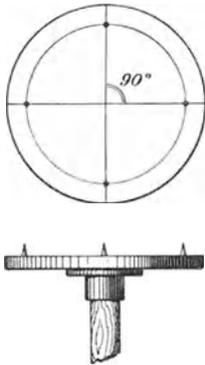


Fig. 70. Dioptr mit Zielstiften.

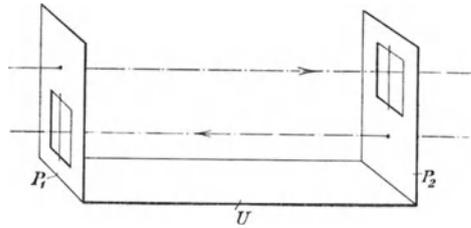


Fig. 71. Dioptr mit Schaulöchern und Fenstern.

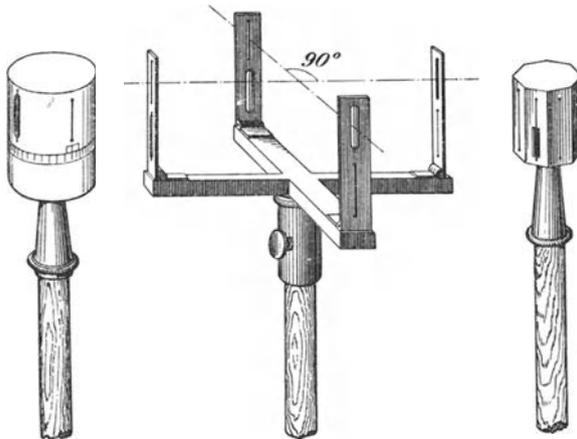


Fig. 74. Winkeltrommel. Fig. 72. Winkelkreuz. Fig. 73. Winkelkopf.
($\frac{1}{8}$ der natürl. Größe.)

An den Dioptrinstrumenten, welche zum Abstecken rechter Winkel dienen, sind zwei Visiereinrichtungen vorhanden, deren Verbindungslinien einen Winkel von 90° bilden (Fig. 72).

Bei dem Winkelkopf (Fig. 73) sind vier Dioptr in den Mantelflächen eines achtseitigen Prismas angebracht, so daß Winkel von 90° und 45° abgesteckt werden können. Neben der prismatischen Form des Winkelkopfes sind auch zylindrische, konische und Kugel-Gehäuse im Gebrauch. Die Dioptr in konischen und kugelförmigen Gehäusen ermöglichen steile Visuren.

Das Gehäuse der Winkeltrummel (Fig. 74) besteht aus zwei Teilen, von denen der untere feststehende mit einer Gradteilung versehen ist. Der obere Teil ist um die gemeinschaftliche Längsachse drehbar und mit einer Marke versehen, deren Stellung auf der Kreisteilung abgelesen werden kann. Das Instrument ermöglicht das Abstecken und Messen beliebiger Winkel.

Beim Gebrauch werden die Diopterinstrumente auf einen Stab gesteckt, welcher während der Zielungen vertikal stehen muß. Zu diesem Zweck sind häufig Dosenlibellen angebracht.

41. Die Spiegelinstrumente. Statt wie bei den Diopterinstrumenten zwei Zielungen nacheinander vorzunehmen, kann man die beiden Visuren

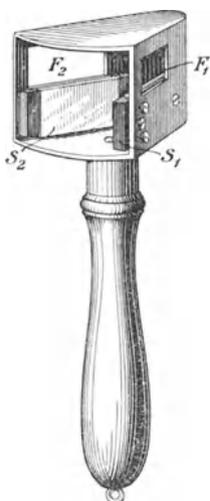


Fig. 75. Winkelspiegel.
($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

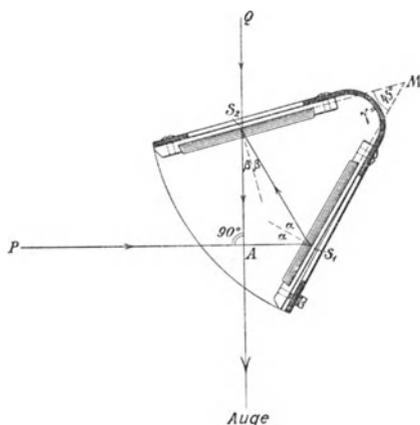


Fig. 76. Gang der Strahlen beim
Winkelspiegel.

auch durch Spiegelung zusammenfallen lassen. Die Spiegelinstrumente ermöglichen das Abstecken eines Winkels durch eine einzige Zielung. Es kommen hier der Winkelspiegel und das Winkelprisma in Betracht.

a) Der Winkelspiegel. Der Winkelspiegel, von dem die Fig. 75 eine Ansicht wiedergibt, besteht in der Hauptsache aus zwei vertikalen Spiegeln S_1 und S_2 , deren Flächen miteinander einen Winkel von 45° bilden. Über den Spiegeln, welche in einem Messinggehäuse befestigt sind, befindet sich je eine Fenster F_1 und F_2 . Beim Gebrauch wird das Spiegelgehäuse mit einem Handgriff vertikal gehalten oder auf einen Stab geschraubt, welcher dann in dem Scheitelpunkte des abzusteckenden Winkels lotrecht gestellt wird.

Die Wirkungsweise des Winkelspiegels sei an der Fig. 76 erläutert, welche einen horizontalen Schnitt durch das Spiegelgehäuse darstellt.

In den Punkten P und Q seien zwei Fluchtstäbe lotrecht aufgestellt. Das Auge sieht den Stab in Q unmittelbar durch das über dem Spiegel S_2 angebrachte Fenster. Der in P aufgestellte Stab spiegelt sich in S_1 , sein Bild wird dort reflektiert und gelangt nach S_2 , wo es ebenfalls zurückgeworfen wird. Wenn nun der Punkt A Scheitelpunkt des rechten Winkels P A Q ist, so deckt sich das von dem Spiegel S_2 reflektierte Bild des Fluchtstabes in P mit dem unmittelbar gesehenen Stabe in Q.

Der Winkel im Punkt A ist aber nur dann gleich 90° , wenn die beiden Spiegelflächen miteinander einen Winkel von 45° bilden. Zum Beweise diene folgende Betrachtung. Der Strahl P A fällt unter dem Winkel α auf den Spiegel S_1 und wird unter dem gleichen Winkel zurückgeworfen. Ebenso sind Einfallswinkel α und Austrittswinkel β desselben vom Spiegel S_2 reflektierten Strahles einander gleich. Es wird nun behauptet, daß der zweimal reflektierte Strahl S_2 A senkrecht steht auf dem ursprünglichen Strahl P A bzw. A S_1 .

Beweis: In dem Dreieck $S_1 M S_2$ ist

$$\gamma + (90 - \alpha) + (90 - \beta) = 180^\circ$$

woraus folgt, daß

$$\gamma = \alpha + \beta.$$

Ferner ist

$$\sphericalangle P A Q = 2\alpha + 2\beta$$

als Außenwinkel des Dreiecks $S_1 S_2 A$.

Nun ist aber $2\alpha + 2\beta = 2\gamma$, so daß der $\sphericalangle P A Q = 90^\circ$, wenn $\gamma = 45^\circ$ ist.

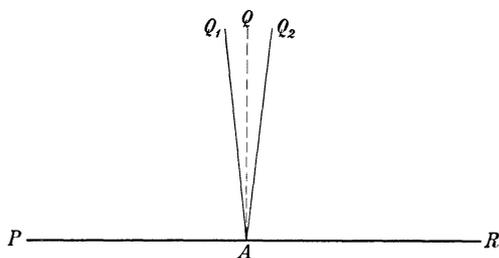


Fig. 77. Prüfung des Winkelspiegels.

Zur Prüfung, ob der Winkel γ zwischen den beiden Spiegelflächen genau 45° ist, steckt man in einem beliebigen Punkte A der Linie P R den Winkel einmal von P aus und dann von R aus ab (Fig. 77). Ist nun der Winkel γ zu klein, so ist auch der abgesteckte Winkel kleiner als 90° , so daß seine freien Schenkel A Q_1 und A Q_2 nicht zusammenfallen. Man halbiert dann die Strecke $Q_1 Q_2$, stellt in Q einen Fluchtstab auf und verstellt einen Spiegel so lange, bis die Stäbe in P und Q sich decken. Die Spiegelverstellung (in den Fig. 75 und 76 Spiegel S_1) erfolgt mittels Zug- und Druckschraubchen.

b) Das Winkelprisma. Das Winkelprisma, von welchem die Figur 78 eine Ansicht wiedergibt, besteht aus einem fein geschliffenen Glaskörper von rechtwinklig gleichschenkliger Grundfläche. Die Hypotenusenfläche (Fig. 79) ist wie ein Spiegel hinterlegt, so daß an ihr totale Reflexion stattfindet. Ein Lichtstrahl, welcher in der Nähe der Kante *K* eintritt, wird nach der Brechung zunächst an der gegenüberliegenden Kathetenfläche, dann an der Hypotenusenfläche



Fig. 78. Winkelprisma.
($\frac{2}{3}$ der natürl. Größe.)

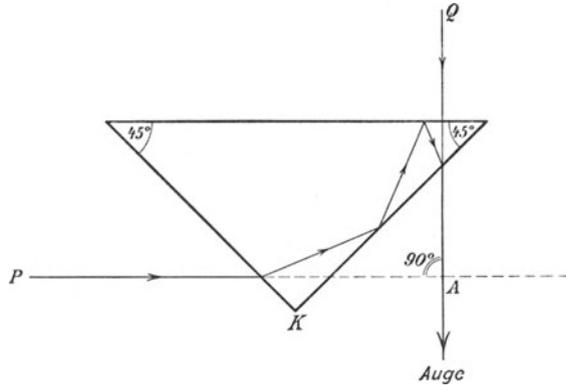


Fig. 79. Gang der Strahlen beim Winkelprisma.

reflektiert und tritt senkrecht zum einfallenden Strahl wieder aus. Er heißt der feste Strahl im Gegensatz zu den nur an der Hypotenusenfläche reflektierten Strahlen, welche, mit Ausnahme des unter 45° auffallenden, bei der Drehung des Prismas sich mitdrehen. Der austretende feste Strahl ist immer in der Nähe einer Kante zu suchen und zwar an der von dem einfallenden Strahl abgewendeten Kante.

Beim Gebrauch wird das Prisma mit einem Handgriff vertikal gehalten oder auf einen Stab geschraubt, der in dem Scheitelpunkte des abzusteckenden Winkels lotrecht gestellt werden muß.

Die Prüfung des Winkelprismas erfolgt in derselben Weise wie beim Winkelspiegel, jedoch ist eine Berichtigung durch Schrauben nicht möglich. Ergeben sich bei der Prüfung Differenzen, was aber bei Prismen aus guten mechanischen Werkstätten kaum vorkommt, so muß das Prisma nachgeschliffen werden.

Fünfter Abschnitt.

Kleine Lageaufnahmen über Tage und die Herstellung von Lageplänen.

I. Die Aufnahme von Gebäuden und sonstigen Tagesanlagen.

Es werden hierbei folgende Instrumente gebraucht: Eine Anzahl Fluchtstäbe zur Punktbezeichnung, ein Lot, ein Stahlmeßband oder ein Paar 5 m-Meßlatten für die Messung der Abszissen, ein Rollmeßband bzw. eine Meßkette oder ein Paar 3 m-Latten für die Messung der Ordinaten, ein Zollstock und endlich ein Instrument zum Abstecken rechter Winkel.

Außer dem Beobachter sind wenigstens zwei Leute zur Bedienung der Instrumente erforderlich.

Bei einem Hause mit rechtwinkligem Grundriß mißt man ringsum die Länge der Haussockel, bei einer geraden Straße nur die Breite des Fahrdammes und der Bürgersteige. Sind mehrere Gebäude aufzunehmen oder ist die Straße gekrümmt, so legt man eine gerade Aufnahmelinie durch das Gelände und fällt von den Ecken der Häuser und Straßen Senkrechten auf die Aufnahmelinie, mißt ihre Länge und die Entfernung ihrer Fußpunkte von dem Anfangspunkte der Aufnahmelinie. Man bestimmt also mit anderen Worten die Koordinaten der Eckpunkte bezogen auf ein Koordinatensystem, dessen Abszissenachse die Aufnahmelinie ist.

Das Verfahren sei an der Figur 80 erläutert:

Die Endpunkte der Aufnahmelinie A B, welche in der Längsrichtung durch das aufzunehmende Gebiet gelegt ist, werden durch Pfähle bzw. Rohre oder durch Bohrungen in Steinen festgelegt. Dann wird die ganze Länge A B mit einem Stahlmeßband oder mit Meßlatten gemessen. Darauf legt man das Meßband von A aus in der Richtung A B aus und geht mit dem Winkelinstrument in der Hand an dem Bande entlang, bis das Bild des an der ersten Ecke des Hauses Nr. 27 aufgestellten Fluchtstabes sich mit dem in B stehenden Stabe deckt. An dieser Stelle wird am Meßband die Abszisse 20,3 m abgelesen. Dann wird die Länge der Ordinate gemessen und zu 13,7 m gefunden. Beide Zahlen

der verlängerten Hausfluchten oder Grenzl原因en mit der Abszissenachse. In der Figur schneidet die Verlängerung der Hecke die Linie A B bei 119,5 m. Die Aufnahme des Schachtmittelpunktes ist durch das Kontrollmaß 39,4 m gesichert. Eine Probe für die Richtigkeit der gemessenen Ordinaten und Abszissen ergibt sich auch aus der Messung der Häuserfronten sowie der Längen aller Linien, deren Endpunkte bestimmt wurden.

Alle Längen sind s6hlig zu messen, wo dies nicht m6glich ist, m6ssen auch die Neigungswinkel der einzelnen Me6band- oder Lattenlängen bestimmt werden, so da6 vor der Herstellung des Lageplanes die Sohlen berechnet werden k6nnen.

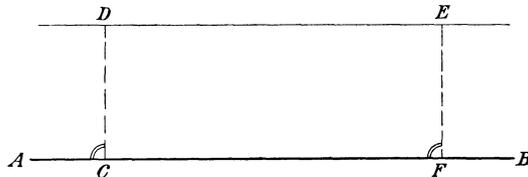


Fig. 81 Abstecken paralleler Linien.

Für die Unterscheidung von Zäunen, Hecken, Mauern, sowie der verschiedenen Kulturarten sind besondere Zeichen (Signaturen) vereinbart, welche in der Figur 160 zusammengestellt sind.

Wenn eine einzige Aufnahmelinie für das betreffende Gelände nicht ausreicht, so tritt an ihre Stelle ein System von Abszissenlinien, welche entweder senkrecht, parallel oder unter beliebigen Winkeln zueinander angeordnet werden können. Das Abstecken von Parallelen erfolgt durch zweimaliges Abstecken rechter Winkel, deren freie Schenkel gleich lang gemacht werden (Fig. 81).

Die Schnittwinkel zweier beliebig zueinander liegender Aufnahmelinien werden mit der Winkeltrommel oder dem Theodolit (Abschn. VIII) bzw. mit einer Bussole (Abschnitt VII) gemessen. Mehrere aneinandergereihte Aufnahmelinien bilden einen sogenannten Polygonzug.

II. Die Herstellung von Lageplänen.

Lageaufnahmen, welche einem augenblicklichen technischen Zweck dienen, kartiert man gern auf Millimeterpapier, weil bei diesem das Auftragen der gemessenen Abszissen und Ordinaten in sehr bequemer Weise durch blo6es Abzählen der Millimeter ohne Verwendung von Zirkel und Ma6stab erfolgen kann.

Für dauerhafte Pläne verwendet man dagegen festes, trockenes Zeichenpapier, welches bei der Kartierung auf einen ebenen Tisch gelegt, jedoch nicht aufgespannt wird, weil namentlich feucht aufgespanntes

Papier sich sehr verzieht. Auf dem Zeichenbogen zieht man in geeigneter Lage eine gerade Linie als Abszissenachse, bezeichnet den Anfangspunkt A (Fig. 80) durch Zirkelstich und trägt die gemessene Länge der Abszisse A B in verkleinertem Maßstab ab. Der Maßstab richtet sich nach den Abmessungen der aufgenommenen Tagesanlagen und nach dem Zweck des Lageplanes. Der gebräuchlichste Maßstab für Lageaufnahmen ist 1 : 1000, beim Grubenbild durchweg 1 : 2000. Die Länge der Abszisse

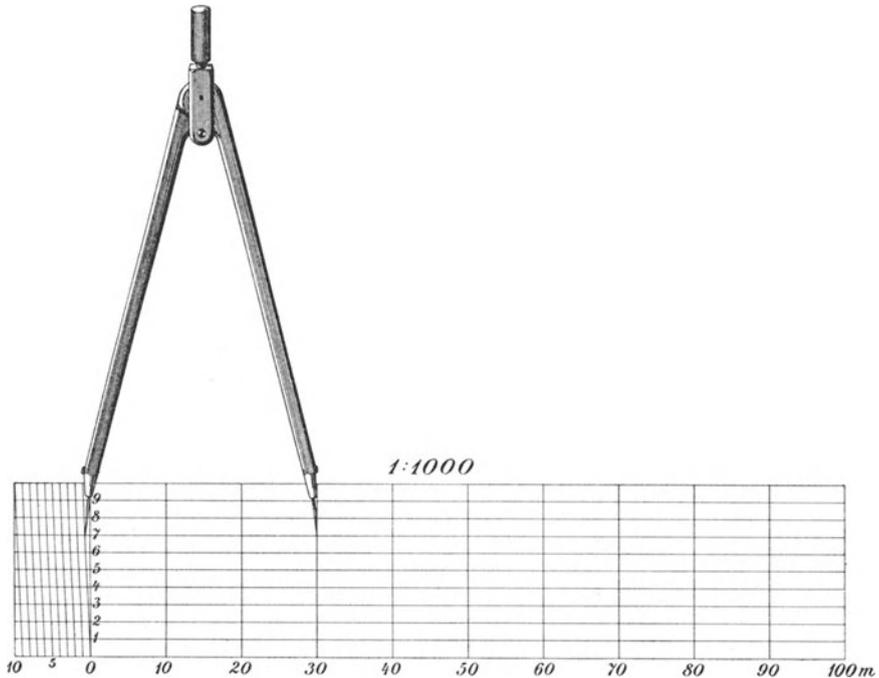


Fig. 82. Gebrauch des Transversalmaßstabes.

A B = 133,52 m beträgt auf der Karte im Maßstab 1 : 1000 133,52 mm. Man sticht dieses Maß entweder an einem guten Längenmaßstab, z. B. an der am Rechenschieber seitlich angebrachten Millimeterteilung mit der Zirkelspitze bzw. mit einer kleinen Nadel ab, oder man entnimmt es mit dem Stechzirkel aus einem Transversalmaßstabe. Für genaues Arbeiten kommen nur Maßstäbe aus Metall, in der Regel aus Messing, in Betracht. Die Figur 82 zeigt den Gebrauch von Zirkel und Maßstab.

Von dem Nullpunkt A der Linie A B aus werden nun nacheinander die Abszissen 20,3 m, 38,7 m usw. abgestochen. In den Stichpunkten errichtet man mit einem guten Dreieck Senkrechten und trägt auf ihnen die Ordinaten 13,7 m, 12,5 m usw. ab.

Die Prüfung eines Dreiecks erstreckt sich auf die Geradlinigkeit der Seiten und die Richtigkeit der Winkel, insbesondere des rechten Winkels. Die Geradlinigkeit wird dadurch geprüft, daß man an der Seite vorbei eine scharfe Linie zieht, etwa AC in der Figur 83, darauf das

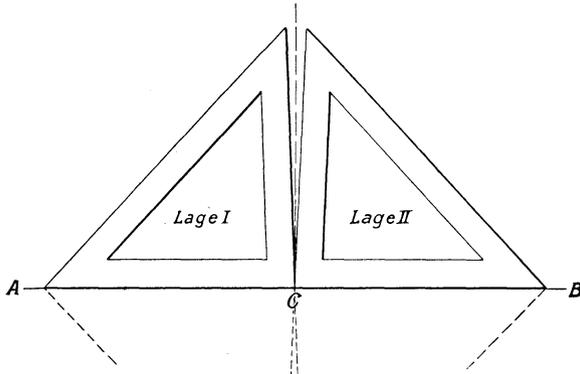


Fig. 83. Prüfung eines Dreiecks.

Dreieck in der punktiert angedeuteten Weise umlegt und noch einmal eine Linie zieht. Beide Linien müssen sich decken. Zur Prüfung des rechten Winkels legt man das Dreieck mit einer Kathete an eine gerade Linie (Lage I) und zieht an der freien Kathete vorbei eine scharfe Linie. Darauf wird das Dreieck in die Lage II gebracht und eine zweite Linie gezogen. Die beiden Linien müssen sich decken; in der Figur 83 laufen sie auseinander, der Winkel bei C ist kleiner als ein rechter.

Auf den Zustand der bei genauen Arbeiten benutzten Dreiecke ist sehr zu achten. Viele Dreiecke, namentlich die größeren Holzdreiecke, sind ungenau.

Bisher war das Beispiel einer freien Lageaufnahme angenommen, die nicht an ein Koordinatensystem angeschlossen ist. Liegt jedoch dem Plan, auf welchem neue Aufnahmen kartiert werden sollen, ein Koordinatensystem zugrunde, so müssen die Koordinaten des Anfangs- und End-

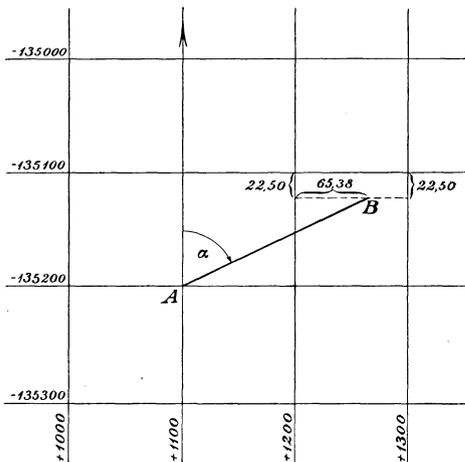


Fig. 84. Auftragung eines Punktes nach Koordinaten.

punktes der Aufnahmelinie gegeben sein oder ebenfalls bestimmt werden. Sind die Koordinaten des Punktes A (Fig. 84) gegeben durch $A_x = -135\,200,00$ und $A_y = +1100,00$, so liegt A auf dem Schnittpunkt der beiden mit $-135\,200$ und $+1100$ bezeichneten Netzlinien. Hat nun der Punkt B die Koordinaten $B_y = +1265,38$ und $B_x = -135\,122,50$, so liegt B innerhalb des durch die Netzlinien $-135\,100$ und $-135\,200$ bzw. $+1200$ und $+1300$ bezeichneten Quadrates. Um denselben aufzutragen, sticht man von der Netzlinie $-135\,100$ nach $-135\,200$ hin auf den Netzlinien $+1200$ und $+1300$ in dem Maßstabsverhältnis des Planes je $22,50$ m ab und zieht durch die Stichpunkte eine Linie. Trägt man auf dieser von der Netzlinie $+1200$ aus $65,38$ m ab, so erhält man die Lage des Punktes B. Zur Prüfung der Zulage und zur Ausschaltung des Fehlers, welcher durch die allmähliche Verkleinerung des Koordinatennetzes infolge des Papiereinganges hervorgerufen wird, empfiehlt es sich, auch die Ergänzungen $(100 - 22,50) = 77,50$ m und $(100 - 65,38) = 34,62$ m abzutragen. Eine weitere Kontrolle ergibt sich aus dem Vergleich der nach der Zulage der Punkte A und B aus dem Plan abgegriffenen Länge mit der gemessenen horizontalen Länge A B.

Der Einfachheit halber war zunächst angenommen, daß der Punkt A gerade auf den Schnittpunkt zweier Netzlinien fiel. Sind die Zahlenwerte der Koordinaten dagegen nicht abgerundet, wie es fast immer der Fall ist, so verfährt man wie beim Punkte B gezeigt ist.

III. Die Aufnahme und die Berechnung von Flächen nach den Messungszahlen.

42. Die Flächenmaße. Die Einheit des Flächenmaßes ist das Quadratmeter (qm), welches untergeteilt wird in Quadratdezimeter (qdm), Quadratzentimeter (qcm) und Quadratmillimeter (qmm). Die Flächeninhalte von Grundstücken werden in Hektar (ha), Ar (a) und Quadratmeter (qm) ausgedrückt. Es ist:

$$1 \text{ a} = 100 \text{ qm}$$

$$1 \text{ ha} = 100 \text{ a} = 10\,000 \text{ qm}$$

$$100 \text{ ha} = 1 \text{ Quadratkilometer (qkm)} = 1\,000\,000 \text{ qm.}$$

Alte aber im Geschäftsleben noch häufig gebrauchte Flächenmaße sind:

$$1 \text{ preußischer Morgen} = 180 \text{ Quadratruten} = 25,532 \text{ a}$$

$$1 \text{ Quadratrute} = 144 \text{ Quadratfuß} = 14,185 \text{ qm}$$

$$1 \text{ Quadratfuß} = 144 \text{ Quadratzoll.}$$

Ein altes bergmännisches Maß ist das Quadratlachter (□ L) = $4,378$ qm.

43. Flächenaufnahme. Bei der Flächenaufnahme gebraucht man dieselben Instrumente wie bei der in I. besprochenen Aufnahme eines Lageplanes, auch das Meßverfahren ist im wesentlichen dasselbe. Man legt eine gerade Linie durch die Fläche, möglichst in der Längserstreckung, so daß die Ordinaten nicht über 40 m lang werden. Anfangs- und Endpunkt der Aufnahmelinie können mit zwei Ecken der Fläche zusammen-

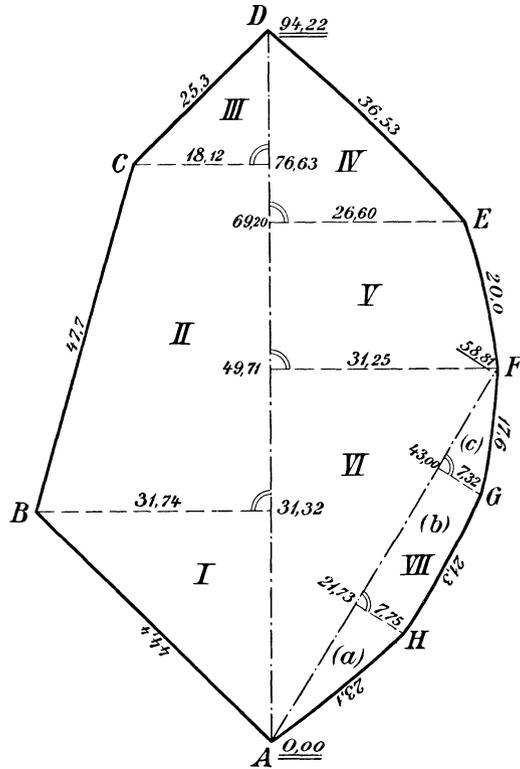


Fig. 85 Flächenaufnahme von einer Diagonale aus.

fallen, wie in der Figur 85. Durch die Ordinaten wird die ganze Fläche in eine Anzahl Dreiecke oder Trapeze zerlegt, deren Inhalt leicht berechnet werden kann. Statt alle Senkrechten auf eine Aufnahmelinie zu fällen, kann man auch zur Erzielung kürzerer Ordinaten die Verbindungslinie zweier bereits bestimmter Eckpunkte zur Abszissenachse machen (z. B. A F in der Fig. 85). Das letztere Verfahren empfiehlt sich besonders bei der Aufnahme krummlinig begrenzter Flächen.

Der Inhalt der in der Figur 85 dargestellten Fläche ergibt sich aus der Summe folgender Teilflächen:

$$\begin{aligned}
 \text{I} &= 31,32 \frac{31,74}{2} &&= 497,05 \text{ qm} \\
 \text{II} &= (76,63 - 31,32) \frac{31,74 + 18,12}{2} &&= 1129,58 \text{ qm} \\
 \text{III} &= (94,22 - 76,63) \frac{18,12}{2} &&= 159,37 \text{ qm} \\
 \text{IV} &= (94,22 - 69,20) \frac{26,60}{2} &&= 332,77 \text{ qm} \\
 \text{V} &= (69,20 - 49,71) \frac{26,60 + 31,25}{2} &&= 563,75 \text{ qm} \\
 \text{VI} &= 49,71 \frac{31,25}{2} &&= 776,72 \text{ qm} \\
 \text{VIIa} &= 21,73 \frac{7,75}{2} &&= 84,20 \text{ qm} \\
 \text{VIIb} &= (43,00 - 21,73) \frac{7,75 + 7,32}{2} &&= 160,27 \text{ qm} \\
 \text{VIIc} &= (58,81 - 43,00) \frac{7,32}{2} &&= 57,86 \text{ qm}
 \end{aligned}$$

Inhalt der Fläche ABCDEFGH = 3761,57 qm

Fällt die Aufnahmelinie nicht mit einer Diagonale der Fläche zusammen, so wird das Aufnahmeverfahren dadurch nicht geändert (Fig. 86). Außer den Fußpunkten der Ordinaten müssen jedoch auch die Schnittpunkte der Abszissenachse mit den Feldegrenzen abgelesen werden. Bei der Berechnung ist zu beachten, daß die außerhalb der aufzunehmenden Fläche entstehenden Teilflächen negativ zu rechnen sind.

Ein besonderer Fall ist der, daß die Aufnahmelinie ganz außerhalb der Fläche liegt (Fig. 87). Das Meßverfahren ändert sich dabei nicht, aber die Berechnung gestaltet sich insofern anders, als positive und negative Teilflächen sich überdecken. Der Inhalt der Fläche A B C D E ergibt sich aus der Summe dreier Teilflächen, vermindert um zwei Teilflächen. Es entsteht folgende Gleichung:

$$\begin{aligned}
 \text{J} &= (x_B - x_A) \frac{y_B + y_A}{2} + (x_C - x_B) \frac{y_B + y_C}{2} + (x_D - x_C) \frac{y_C + y_D}{2} \\
 &\quad - (x_D - x_E) \frac{y_D + y_E}{2} - (x_E - x_A) \frac{y_A + y_E}{2}
 \end{aligned}$$

Faßt man die entsprechenden Faktoren zusammen, so geht die Formel über in

$$\begin{aligned}
 2 J &= x_A (y_E - y_B) \\
 &+ x_B (y_A - y_C) \\
 &+ x_C (y_B - y_D) \\
 &+ x_D (y_C - y_E) \\
 &+ x_E (y_D - y_A)
 \end{aligned}$$

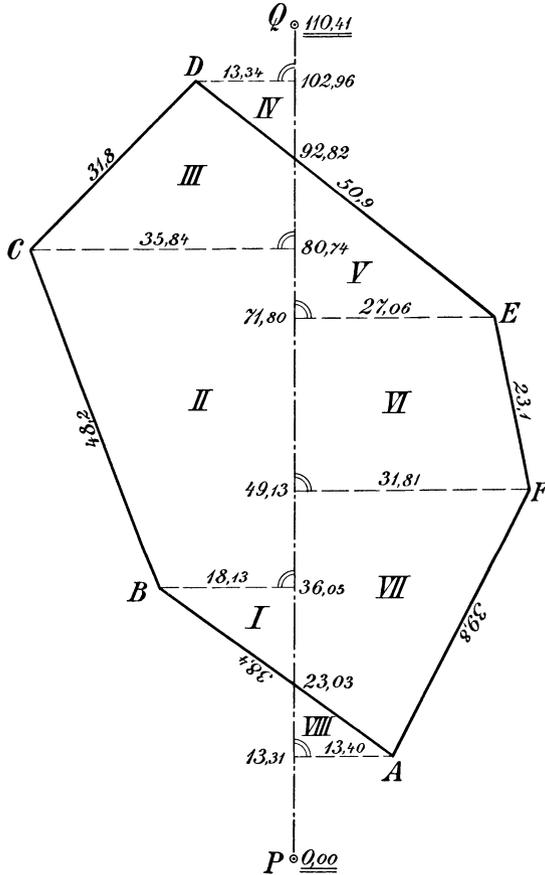


Fig. 86. Flächenaufnahme von einer beliebigen Grundlinie aus.

oder, wenn man anders ordnet:

$$\begin{aligned}
 2 J &= y_A (x_B - x_E) \\
 &+ y_B (x_C - x_A) \\
 &+ y_C (x_D - x_B) \\
 &+ y_D (x_E - x_C) \\
 &+ y_E (x_A - x_D)
 \end{aligned}$$

In Worten heißt das: Der doppelte Inhalt einer Fläche ist gleich der Summe der Produkte aus allen Abszissen der Eckpunkte und dem Unterschied der Ordinaten der beiden benachbarten Ecken oder: Der doppelte Inhalt ist gleich der Summe der Produkte aus den Ordinaten

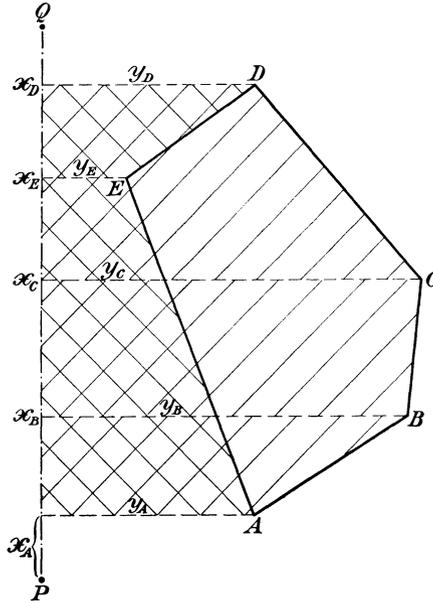


Fig. 87. Flächenberechnung aus Koordinaten.

der Eckpunkte und dem Unterschied der benachbarten Abszissen. Der Satz findet häufig Anwendung bei der Berechnung der Größe eines Grubenfeldes aus den Koordinaten der Feldesecken (siehe S. 67).

44. Die Zulage einer Fläche. Die Zulage oder Kartierung einer Fläche geht in ähnlicher Weise vor sich wie die Zulage eines Lageplanes (II.). Sind geneigte Längen gemessen worden, so müssen sie vor der Auftragung auf den Plan auf den Horizont reduziert werden. Bei gleichmäßig geneigten Flächen kann man auch den Inhalt zunächst aus den gemessenen geneigten Abszissen und Ordinaten berechnen, man muß dann das Ergebnis noch mit dem Kosinus des Neigungswinkels der ganzen Fläche multiplizieren. In der Figur 88 ist die söhliche Fläche $A'B'CD = ABCD \cdot \cos \alpha$.

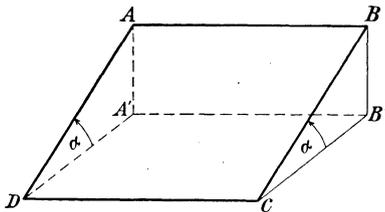


Fig. 88. Beziehung zwischen horizontaler und geneigter Fläche.

In der Figur 88 ist die söhliche Fläche $A'B'CD = ABCD \cdot \cos \alpha$.

IV. Die Flächenberechnung aus Plänen.

45. Die Berechnung geteilter Flächen. Die Flächenberechnung aus vorhandenen Plänen kann in sehr verschiedener Weise erfolgen. Geradlinig begrenzte Flächen werden in Dreiecke oder Trapeze zerlegt und die zur Inhaltsberechnung erforderlichen Maße an einem Maßstab abgegriffen. Z. B. wird das Viereck in der Figur 89 durch die Diagonale AC in die beiden Dreiecke ABC und ACD geteilt, deren Inhalte sich aus den Produkten $AC \cdot \frac{h_1}{2}$ bzw. $AC \cdot \frac{h_2}{2}$ ergeben. In der Figur ist $AC = 54,6$ mm, $h_1 = 21,7$ mm, $h_2 = 29,4$ mm; der Inhalt des Vierecks ABCD beträgt demnach auf dem Plan

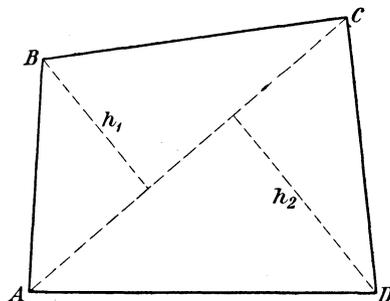


Fig. 89. Flächenbestimmung durch Zerlegung in Dreiecke.

$\frac{54,6}{2} (21,7 + 29,4) =$

$$\frac{54,6}{2} (21,7 + 29,4) = 27,3 \times 51,1 = 1395,0 \text{ qmm.}$$

Ist nun der Plan im Maßstabe 1 : 2000 angefertigt, so beträgt der Inhalt des Vierecks in Wirklichkeit $2000 \times 27,3 \times 2000 \times 51,1 = 1395,0 \times 4\,000\,000 \text{ qmm} = 5580,0 \text{ qm.}$

Zur Kontrolle der Rechnung und zur Erhöhung der Genauigkeit des ersten Ergebnisses wird jede Fläche zweimal berechnet. In der Figur 89 wird man zu diesem Zwecke die Diagonale BD ziehen und auf diese die Lote von A und C aus fallen.

46. Die Flächenberechnung aus Koordinaten. Liegt dem Plan, auf welchem die Fläche aufgetragen ist, ein Koordinatennetz zugrunde, so kann man die Koordinaten der Feldesecken abgreifen und daraus nach der im § 43 beschriebenen Methode den Flächeninhalt berechnen. Diese Art wird durchweg bei der Flächeninhaltsberechnung eines Grubenfeldes angewendet; zur Vermeidung der Ungenauigkeiten, welche bei der Zulage eines Planes und dem späteren Abgreifen aus demselben entstehen, sind auf den Verleihungsrissen, den Urkunden für die Berechtungsverhältnisse, die Koordinaten den Feldesecken beigeschrieben. Die Koordinaten eines Grubenfeldes ABCDE seien folgende:

$y_A = + 2436,5 \text{ m}$	$x_A = - 132\,590,1 \text{ m}$
$y_B = + 3044,8 \text{ m}$	$x_B = - 132\,062,0 \text{ m}$
$y_C = + 3829,8 \text{ m}$	$x_C = - 131\,905,4 \text{ m}$
$y_D = + 3746,3 \text{ m}$	$x_D = - 132\,830,0 \text{ m}$
$y_E = + 2911,2 \text{ m}$	$x_E = - 133\,628,4 \text{ m}$

Die Rechnung vereinfacht sich, wenn alle Ordinaten um denselben Betrag, etwa 2400, verkleinert werden. Alsdann ergibt sich nach der Gleichung, Seite 65 unten folgender Flächeninhalt:

$$\begin{aligned} 2J &= 36,5 \times 1566,4 + 644,8 \times 684,7 + 1429,8 \times (-768,0) \\ &\quad + 1346,3 \times (-1723,0) + 511,2 \times 239,9 \\ &= 2796\,456,3 \text{ qm} \\ J &= 1\,398\,228 \text{ qm.} \end{aligned}$$

47. Flächenermittlung durch Schätzung. Ein einfacher Hilfsapparat zur Flächenermittlung aus Plänen, namentlich bei krummlinig begrenzten

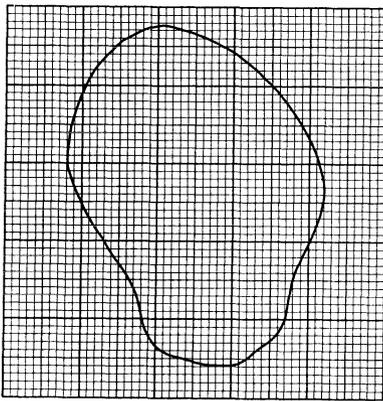


Fig. 90. Flächenermittlung durch Schätzung.

Flächen, ist eine mit einem Quadratnetz versehene Glasplatte bzw. ein Stück Pauspapier, welche auf die Fläche gelegt werden (Fig. 90). Die von der Fläche bedeckten vollen Quadrate werden abgezählt, die überschießenden Reststücke abgeschätzt. Das Verfahren ist um so genauer, je kleiner die Quadrate gewählt werden.

48. Flächenermittlung mit einem Polarplanimeter. Ein Polarplanimeter ist ein Instrument, mit welchem man den Inhalt einer Fläche durch Umfahrung derselben mit dem Fahrstift bestimmen kann. Es besteht im wesentlichen aus einem

Polarm, einem Fahrarm und einer Laufrolle (Fig. 91). Der Polarm ist um einen Pol drehbar, welcher durch ein Kugellager in einer Metallplatte oder durch eine Spitze gebildet wird. An dem andern Ende ist der Polarm durch ein Gelenk G mit dem Fahrarm verbunden, welcher mit einem Fahrstift versehen ist. Dem Fahrstift gegenüber ist über den Fahrarm eine verschiebbare Hülse gestreift, in welcher die Lager der parallel zum Fahrarm gerichteten Achse der Laufrolle ruhen. Die Laufrolle ist mit einer Teilung versehen, ihre ganzen Umdrehungen können an einer Zählsscheibe abgelesen werden. Wenn man den Fahrstift über den Plan fortbewegt, so dreht sich die Laufrolle. Das Maß der Drehung, welche an seinem festen Zeiger abgelesen werden kann, ist außer von der Fortbewegung des Fahrstiftes von den Abmessungen des Instrumentes abhängig. Jedes Planimeter hat eine sogenannte Konstante, welche unmittelbar aus seinen Abmessungen oder mittelbar durch Umfahren einer Fläche von bekanntem Inhalt bestimmt werden kann.

Beim Gebrauch des Polarplanimeters sind die beiden Fälle „Pol außerhalb“ und „Pol innerhalb“ zu unterscheiden.

Im erstern Falle stellt man den Pol außerhalb der Fläche fest auf und zwar möglichst so, daß der Winkel zwischen Fahrarm und Polarm beim Umfahren der Fläche nicht sehr spitz und nicht sehr stumpf wird. Der Fahrstift wird dann in einen bestimmten Punkt der Begrenzungslinie gestellt, darauf die zu diesem Punkte gehörige Stellung der Zählerrolle und der Laufrolle abgelesen und aufgeschrieben. Sodann umfährt man die Fläche im Sinne des Uhrzeigers, wobei der Fahrstift die Grenzlinien

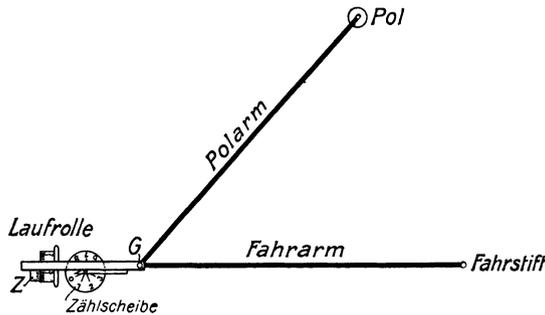


Fig. 91. Polarplanimeter.

nicht verlassen darf. Kleine Abweichungen sind beim Führen mit freier Hand unvermeidlich, jedoch gleichen sie sich meist aus, während bei dem zwar sichern Fahren an einem angelegten Lineal vorbei sehr leicht einseitige Fehler unterlaufen. Nachdem der Fahrstift den Ausgangspunkt wieder erreicht hat, werden die Stellungen der Zählerrolle und der Laufrolle zum zweiten Male abgelesen. Der Unterschied der beiden Ableesungen ist die Zahl, welche mit der Konstanten des benutzten Planimeters multipliziert den Inhalt der umfahrenen Fläche ergibt. Die Kenntnis der Konstanten ist jedoch nicht einmal erforderlich. Es sei F eine Fläche von bekanntem Inhalt, N die zugehörige Differenz der Ableesungen an der Laufrolle, F_x der Inhalt der unbekanntes Fläche und N_x die zugehörige Differenz der Ableesungen, dann besteht die Gleichung

$$\frac{F_x}{F} = \frac{N_x}{N} \quad \text{oder} \quad F_x = F \frac{N_x}{N}.$$

Beispiel: Gegeben $F = 1000$ qmm.

Mit dem Planimeter ermittelt: $N = 1,004$ und $N_x = 0,786$. Hieraus ergibt sich die unbekanntes Fläche

$$F_x = 1000 \frac{0,786}{1,004} = 781 \text{ qmm.}$$

Der Flächeninhalt von 781 qmm entspricht der Zeichengröße der Fläche ohne Rücksicht auf das Maßstabsverhältnis. Ist der Plan im Maßstab 1 : 1000 gezeichnet, dann stellen 781 qmm eine Fläche von $781 \times 1000 \times 1000 = 781 \text{ qm}$ dar.

Für die Ermittlung der Umdrehungszahl bei einer Fläche von bekanntem Inhalt ist den meisten Planimetern eine Kontrollschiene beigegeben. Sie besteht aus einem kleinen Lineal, welches um eine in den Plan gesteckte Spitze S drehbar ist (Fig. 92). In eine kleine Vertiefung am anderen Ende des Lineals wird der Fahrstift gesetzt und ein Kreis umfahren, dessen Inhalt durch den bekannten Halbmesser bestimmt ist.

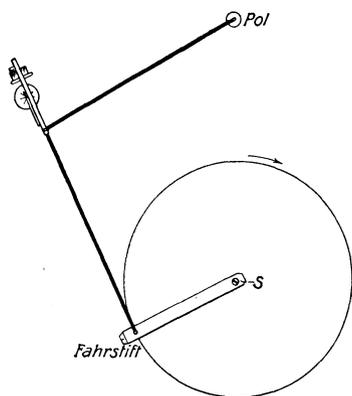


Fig. 92. Bestimmung der Konstanten eines Polarplanimeters durch Umfahren einer bekannten Kreisfläche.

Wenn eine Fläche für die Umfahrung von einer Polstellung aus zu groß ist, so kann man sie durch Bleilinen beliebig teilen und die einzelnen Teilflächen planimetrieren. In vielen Fällen kommt man jedoch mit einer Umfahrung aus, wenn man den Pol in die Fläche setzt und letztere links herum umfährt. Außerdem ist beim

„Pol innerhalb“ eine Konstante zu addieren, welche man zweckmäßig durch Umfahren einer Fläche von bekanntem Inhalt mit Pol innerhalb ermittelt. Das Planimetrieren mit „Pol innerhalb“ ist für den wenig Geübten nicht empfehlenswert, weil leicht Irrtümer wegen der Additionskonstanten unterlaufen.

49. Berücksichtigung des Papiereinganges. Alle Pläne schrumpfen mit der Zeit je nach der Qualität des Papiers und der Art der Aufbewahrung mehr oder weniger stark zusammen. Für zeichnerische Darstellungen, an deren Genauigkeit noch nach Jahren hohe Anforderungen gestellt werden, wie es bei allen guten Kartenwerken der Fall ist, soll man deshalb bestes, gut abgelagertes Papier wählen. Mit einem gewissen Maß von Schrumpfung ist dennoch zu rechnen; man zeichnet deshalb einen genauen Transversalmaßstab auf den neuangelegten Plan, welcher den späteren Eingang des Papiers mitmacht, und greift die Länge einer Linie nur an dem Maßstab der Zeichnung ab. Da der Papiereingang in den verschiedenen Richtungen des Planes ungleich ist, so werden auf sehr genauen Zeichnungen, z. B. auf Verleihungsrissen, zwei Transversalmaßstäbe parallel zu zwei senkrechten Kanten des Zeichenbogens angebracht.

Unter gewissen Umständen beeinflußt der Papiereingang auch das Ergebnis einer an Hand des Planes angestellten Flächenberechnung. Wenn die Koordinaten der Feldesecken von Anfang an bekannt bzw. den Ecken beigeschrieben waren, so ist die Schrumpfung des Papiers ohne Bedeutung, weil mit unveränderten Zahlen gerechnet wird. Ebenso fällt der Einfluß des Papiereinganges beim Gebrauch des Planimeters heraus, wenn man als Fläche von bekanntem Inhalte ein Quadrat des bei der Anfertigung der Zeichnung aufgetragenen Koordinatennetzes umfährt. In allen andern Fällen der graphischen Flächenermittlung ist das Ergebnis wegen der Schrumpfung des Planes zu berichtigen.

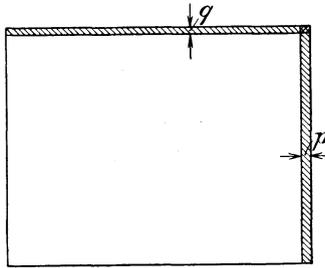


Fig. 93. Papiereingang.

Ist eine Fläche von ursprünglich 100×100 qmm in einer Richtung um p % und senkrecht dazu um q % eingegangen (Fig. 93), so beträgt der Inhalt nur noch:

$$(100 - p) (100 - q) = 100 \times 100 - 100 (p + q) + p q \text{ qmm}$$

Mit Vernachlässigung der ganz kleinen Fläche $p q$ ist die Verkleinerung $100 (p + q)$ oder für die Flächeneinheit $(p + q)$ %.

Beispiel: Der Inhalt einer Fläche sei ohne Berücksichtigung des Karteneinganges zu 9500 qm ermittelt. Die Schrumpfung des Planes betrage in der einen Richtung 2 %, senkrecht dazu 3 %, dann ist die Fläche um ungefähr $9500 \frac{2 + 3}{100} = 475$ qm eingegangen, ihre ursprüngliche Größe betrug demnach 9975 qm oder rund 10 000 qm.

50. Die Genauigkeit der Flächenaufnahmen und der Flächenberechnungen. Die (VIII.) Anweisung vom 25. Oktober 1881 für das Verfahren bei Erneuerung der Karten und Bücher des preußischen Grundsteuerkatasters läßt zwischen zwei Aufnahmen einer Fläche folgende Differenzen zu:

Sechster Abschnitt.

Die Grubenfelder.

1. Die Geviertfelder.

51. Die preußischen Geviertfelder. Das Bergwerkseigentum wird nach dem allgemeinen Berggesetz vom 24. Juni 1865 für Felder verliehen, welche, soweit die Örtlichkeit es gestattet, von geraden Linien, „Marscheiden“, an der Erdoberfläche und von senkrechten Ebenen in die ewige Teufe begrenzt werden (Fig. 94). Die geradlinige Begrenzung soll die Regel bilden, nur wo etwa Landesgrenzen, Flußläufe oder schon bestehende Grubenfelder eine Abweichung von dieser Regel bedingen oder zweckmäßig erscheinen lassen, werden krummlinige Marscheiden genehmigt. Ausnahmsweise kann das Feld auch nach der Teufe zu in anderer Weise als durch senkrechte Ebenen begrenzt werden, was z. B. beim Zusammentreffen mit einem Längelfelde nicht zu vermeiden ist.

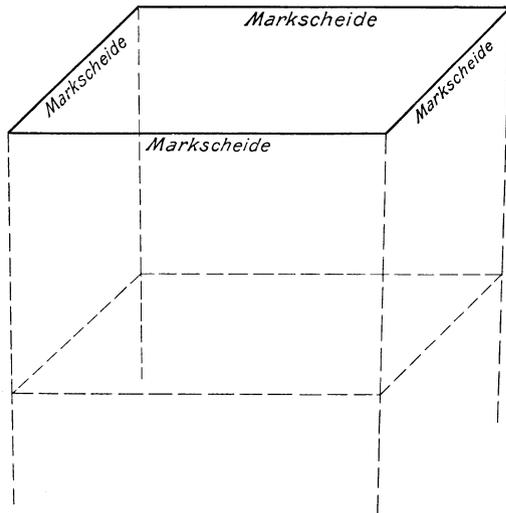


Fig. 94. Geviertfeld.

Der Flächeninhalt ist nach der horizontalen Projektion in Quadratlächtern festzustellen. Innerhalb der linearen Begrenzung an der Erdoberfläche und in der Erstreckung nach der Teufe zu können Feldesteile von der Verleihung ausgeschlossen werden, welche von einem ältern Längelfelde eingenommen sind.

Nach dem allgemeinen preußischen Berggesetze von 1865 hatte der Muter das Recht, ein Maximalfeld von 500 000 Quadratlächtern

(2 189 000 qm) zu verlangen. Nur in den Kreisen Siegen und Olpe des Regierungsbezirkes Arnsberg und in den Kreisen Altenkirchen und Neuwied des Regierungsbezirkes Koblenz, sowie für den Eisensteinbergbau bei Klausthal waren die Maximalfelder auf 25 000 □ L (109 450 qm) begrenzt.

Durch die Berggesetznovelle vom 18. Juni 1907 sind die Abmessungen von 2 189 000 auf 2 200 000 qm bzw. von 109 450 auf 110 000 qm abgerundet worden.

Der Fundpunkt muß stets von dem verlangten Felde eingeschlossen werden. Sein Abstand durfte von keinem Punkt der Begrenzungslinien des Feldes von 500 000 □ L mehr als 2000 Lachter (4184,8 m) betragen, bei 25 000 □ L nicht mehr als 500 L (1046,2 m).

Nach der Novelle von 1907 darf der Abstand des Fundpunktes von einem Punkt der Begrenzung des Feldes von 2 200 000 qm nicht unter 100 m und nicht über 2000 m, bei dem kleineren Felde von 110 000 qm nicht weniger als 25 m und nicht mehr als 500 m betragen. Der Abstand ist auf dem kürzesten Wege durch das Feld zu messen. Freibleibende Flächenräume dürfen von dem Felde nicht umschlossen werden. Im übrigen kann dem letzteren jede beliebige, geradlinig begrenzte Form gegeben werden, soweit sie nach der Entscheidung des Oberbergamts zum Bergwerksbetrieb geeignet ist. Abweichungen von diesen Vorschriften über den Abstand des Fundpunktes und die Form des Feldes sind unter gewissen Umständen zulässig.

Das Geviertfeld von 1865 bzw. 1907 hat einen Vorgänger in dem von 1821—1865 zur Verleihung gekommenen kleinen Geviertfelde, welches aus einer Fundgrube und 1200 Maßen bestand. Eine Fundgrube war 28 L lang und breit, bedeckte also eine Fläche von 784 □ L, während eine Maße einen Inhalt von $14 \times 14 = 196$ □ L hatte. Das Geviertfeld von 1821 umfaßte demnach $784 + 1200 \times 196 = 235\,984$ □ L = 1 033 138 qm. Der Fundpunkt mußte auf dem Schnittpunkt der Diagonalen der Fundgrube liegen, während die Maßen sich im Anschluß an das Quadrat der Fundgrube in beliebiger Anordnung verteilen konnten. Die Begrenzung nach der Teufe erfolgte durch senkrechte Ebenen bis zum Erdmittelpunkt.

Die Vermessung der Grubenfelder ist durch einen konzessionierten Markscheider oder Feldmesser auszuführen. Früher wurden die Begrenzungslinien des Feldes draußen abgesteckt und in den Endpunkten Lochsteine gesetzt, welche mit dem Namen der Grube und mit fortlaufenden Zahlen zu kennzeichnen waren. Zur späteren Prüfung des unveränderten Standes der Lochsteine wurden in gewissen Abständen von den vier Ecken sogenannte Testes (bestimmte Scherben u. dgl.) so tief eingesenkt, daß sie von der Pflugschar nicht erreicht werden konnten.

Nach der allgemeinen Einführung der Koordinaten werden die

Markscheiden nicht mehr im Felde abgesteckt und keine Lochsteine mehr gesetzt. Es werden vielmehr unter Zugrundelegung der in jedem Oberbergamtsbezirk bestehenden Mutungsübersichtskarte die Koordinaten der Feldesecken bestimmt und daraus die Flächeninhalte der Grubenfelder berechnet (vgl. die Flächenberechnung aus Koordinaten, Seite 67).

52. Die Geviertfelder in den übrigen deutschen Bundesstaaten.

Staat	Maximal- Feldesgröße qm	Bemerkungen
Bayern	8000000	Für Stein- und Braunkohlen; für die übrigen Mineralien 2000000 qm.
Sachsen	—	Keine Maximalgröße festgesetzt. Das sächsische Berggesetz enthält aber einen indirekten Zwang zur Streckung angemessener Felder durch die nach Maßeinheiten sich abstufende Grubenfeldsteuer und den Betriebszwang. Eine Maßeinheit beträgt 1000 □ L., bei Seifenwerken 10 000 □ L.
Württemberg	2000000	Für Bohnerze nur 100000 qm.
Baden	2000000	Für alle Mineralien.
Hessen	2000000	Für alle Mineralien.
Sachsen-Weimar	2000000	Für alle Mineralien.
Oldenburg	—	Die Größe wird im Einzelfalle bestimmt.
Mecklenburg-Schwerin	—	
Mecklenburg-Strelitz	—	
Braunschweig	2189000	= 500000 Quadrat-Lachter für alle Mineralien.
Sachsen-Altenburg	2189000	= 500000 Quadrat-Lachter für alle Mineralien.
Sachsen-Koburg u. Gotha	2000000	Für alle Mineralien.
Sachsen-Meiningen	2200000	Für Farberden nur 45000 qm, für Schiefer 110000 qm.
Anhalt	2000000	
Schwarzburg-Sond.	2000000	Für alle Mineralien.
Schwarzburg-Rud.	2200000	Für alle Mineralien.
Waldeck u. Pyrmont	110000	Für alle Mineralien.
Reuß ält. Linie	—	
Reuß jün. Linie	1094500	= 250000 Quadrat-Lachter, für Farberden 100000 Quadrat-Lachter, für Schiefer 25000 Quadrat-Lachter.
Schaumburg-Lippe	—	
Lippe-Detmold	—	
Hamburg	—	
Lübeck	2200000	Für alle Mineralien.
Bremen	—	
Elsaß-Lothringen	2000000	Für alle Mineralien.

II. Die Längfelder.

53. Allgemeines. Nach dem ältern deutschen Bergrecht wurden die Grubenfelder nicht an der Erdoberfläche vermessen, sondern durch den Körper der Lagerstätte gebildet. Der Unterschied eines Geviertfeldes von einem Längfelde besteht also darin, daß die Form und Größe des ersteren unabhängig von dem Verlauf der Lagerstätte ist, während das Längfeld ihre Änderungen im Streichen und Fallen sowie in der Mächtigkeit mitmacht.

54. Das Längfeld ohne Vierung. Die Erstreckung im Streichen wurde vom Fundpunkt aus gemessen, in der Fallrichtung erstreckte sich das Längfeld bis zur ewigen Teufe oder bis zum Muldentiefsten.

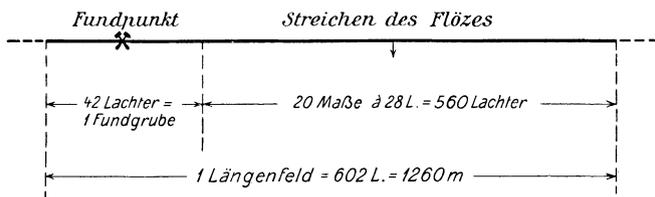


Fig. 95. Längfeld ohne Vierung.

Im Bezirke der Kleve-Märkischen Bergordnung vom 29. April 1766, welcher den Steinkohlenbergbau an der Ruhr umfaßte, wurde ein Längfeld von einer Fundgrube und 20 Maßen verliehen. Fundgrube und Maßen waren im Gegensatz zum Geviertfelde von 1821 Längeneinheiten und zwar hatte eine Fundgrube 42 L, eine Maße 28 L (Fig. 95). Der Fundpunkt mußte in der Mitte der Fundgrube liegen, die Maßen konnten auf beiden Seiten der Fundgrube beliebig verteilt werden. Das Längfeld erstreckte sich demnach im Streichen $42 + 20 \times 28 = 602$ Lachter oder 1260 m.

55. Das Längfeld mit kleiner Vierung. Das ursprünglich einfache Längfeld erhielt später eine künstliche Erweiterung durch eine Vierung, welche von zwei dem Hangenden und Liegenden des Flözes parallele Ebenen gebildet wurde. Die kleine Vierung erstreckte sich senkrecht zum Einfallen gemessen je $3\frac{1}{2}$ Lachter ins Hangende und Liegende (Fig. 96), konnte jedoch auf Wunsch des Muters auch ganz ins Hangende oder ganz ins Liegende gelegt werden. Der von dem Längfelde mit kleiner Vierung eingeschlossene Gebirgskörper hatte demnach eine senkrecht zum Einfallen gemessene Dicke von $7 L + m L$, worin m die Mächtigkeit der Lagerstätte bedeutet. Mit wechselnder Mächtigkeit der letzteren wurde auch das Längfeld breiter oder schmaler. Von großem Einfluß auf die horizontale Erstreckung der Vierung war, wie man leicht sieht, der Fallwinkel des Flözes, indem die grundrißliche Ausdehnung von einem

Minimum von 7 + m Lachter bei senkrecht einfallenden Flözen bis zur theoretisch unendlichen Ausdehnung bei söhligem Lagerstätten wachsen konnte.

Wurde das Fundflöz verworfen, so konstruierte man die Vierung von der über die Störung hinaus verlängerten Streichlinie aus (quadratura principalis). Wenn das Fundflöz oder ein anderes Flöz in der verlängerten Vierung wiedergefunden wurde, so schloß sich die neue Vierung an dieses Flöz an. Fand man in der quadratura principalis kein Flöz, so hörte das Längfeld an der Störung auf. Es leuchtet ein, daß durch die zahlreich auftretenden Sprünge und Überschiebungen sehr verworrene Berechtsamsverhältnisse eintreten mußten, namentlich dort, wo die Verwerfungen Sättel und Mulden durchsetzen.

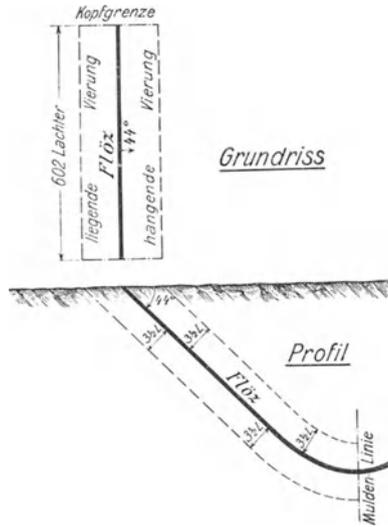


Fig. 96. Längfeld mit kleiner Vierung.

56. Das Längfeld mit großer Vierung

Die im ganzen unglücklich gewählte Längenberechtsame erklärt sich aus den damals sehr kleinen bergbaulichen Verhältnissen.

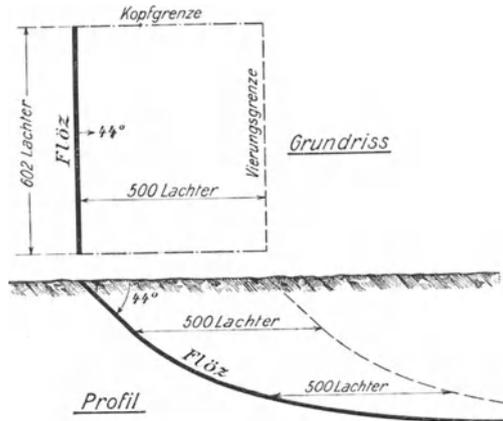


Fig. 97. Längfeld mit großer Vierung.

Der aufblühende Steinkohlenbergbau erforderte bald größere Grubenfelder und erhielt sie auch durch die Verleihung einer großen

Vierung, welche nach dem Ermessen der verleihenden Behörde den örtlichen Verhältnissen entsprechend bestimmt wurde. Die große Vierung (Fig. 97) wurde horizontal und senkrecht zum Streichen vermessen und zwar bis 500 Lachter ins Hangende oder Liegende oder zu beiden Seiten beliebig verteilt, z. B. vom Fundflöz Sonnenschein aus ins Hangende bis Flöz Dickebank, der Rest, falls ein solcher noch vorhanden, ins Liegende von Sonnenschein.

Die Absicht mit der großen Vierung ein größeres Grubenfeld zu verleihen, wurde nur unvollkommen erreicht. Unter Umständen konnte das Längenfeld mit großer Vierung kleiner werden als das Längenfeld mit kleiner Vierung, wenn z. B., wie in der Figur 97 angedeutet, die Schichten nach dem Muldentiefsten zu fast horizontal verlaufen. Die große Vierung fiel dann annähernd oder ganz mit der Ebene des Flözes zusammen, während bei dem Längenfelde mit kleiner Vierung noch Teile der hangenden bzw. liegenden Gebirgsschichten, in welchem weitere Flöze eingeschlossen sein konnten, mit verliehen waren. Bei steiler Lagerung dagegen war das Längenfeld mit großer Vierung sehr günstig.

Die Vermessung der Längenfelder erfolgte an Ort und Stelle, die Fundgrube und Kopfmarkscheiden wurden durch Lochsteine vermarkt.

Siebenter Abschnitt.

Die Kompaßmessungen.

I. Allgemeines über die erdmagnetische Richtkraft.

57. **Inklination und Deklination der Magnetnadel.** Ein einfaches Hilfsmittel zur Bestimmung einer Richtung bildet die Magnetnadel. Hängt man einen magnetisierten Stahlstab im Schwerpunkt so auf, daß er sich gleichzeitig um eine vertikale und eine horizontale Achse frei drehen kann, so nimmt er eine ganz bestimmte Stellung ein, welche von der Lage des Beobachtungsortes auf der Erde abhängt. Am magnetischen Äquator, welcher in der Nähe des Erdäquators verläuft, steht der Magnet horizontal. Nördlich und südlich vom magnetischen Äquator neigt sich die Magnetnadel und zwar senkt sich auf der nördlichen Halbkugel das Nordende, auf der südlichen das Südende. Die Neigung oder Inklination nimmt mit der geographischen Breite zu, am magnetischen Nord- und Südpol stellt sich der Magnet vertikal, die Inklination beträgt dort 90° . Die magnetischen Pole fallen nicht mit den geographischen Erdpolen zusammen; der magnetische Nordpol liegt in Nordamerika an der Westküste der Halbinsel Boothia Felix in 70° nördlicher Breite und 97° westlicher Länge von Greenwich, der magnetische Südpol in Wilkes Land unter 74° südlicher Breite und 147° östlicher Länge von Greenwich.

Zwischen dem magnetischen Äquator und den magnetischen Polen kommen alle Inklinationen von 0° bis 90° vor, in Westfalen beträgt die Neigung der Magnetnadel z. B. 66° (Fig. 98). Die Linien, welche Punkte gleicher Inklination miteinander verbinden, heißen Isoklinen, sie verlaufen in ostwestlicher Richtung.

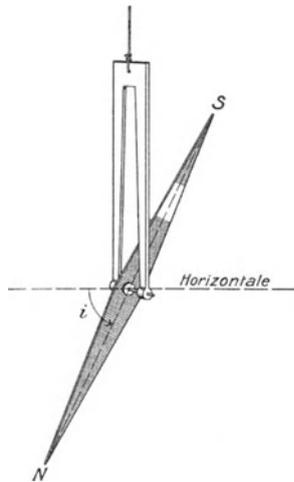


Fig. 98. Inklination der Magnetnadel.

Man kann die Inklination einer Magnetnadel dadurch beseitigen, daß man das Südende (auf der südlichen Halbkugel das Nordende) beschwert, so daß es sich bis in die Horizontalebene durch den Unterstützungspunkt der Nadel senkt. In dieser Stellung sind in der Figur 99 zwei gebräuchliche Formen der Magnetnadel wiedergegeben, oben eine rhombische, unten eine Balkennadel. Sie werden von einer Stahlpinne P getragen, deren feine Spitze in einer Vertiefung des Achathütchens H angreift. In der untern Figur ist ein Reiterchen R zu sehen, mit welchem man die Nadel horizontal richten kann. Der weiße Streifen an der rechten Seite der im übrigen stahlblauen Nadel bezeichnet das Südende. Es empfiehlt sich jedoch, die Bezeichnung „Norden“

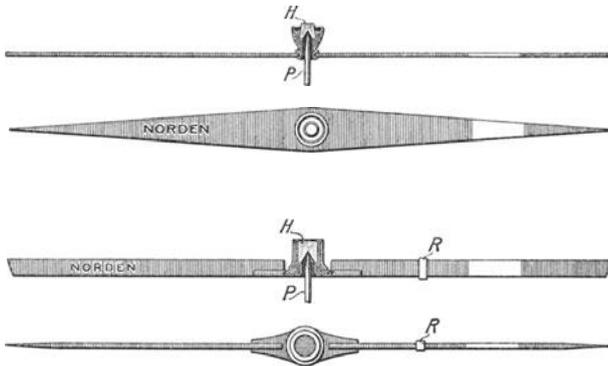


Fig. 99. Die beiden gebräuchlichsten Formen der Magnetnadel; oben rhombische, unten Balkennadel in natürl. Größe.

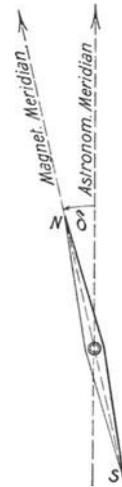


Fig. 100. Deklination.

unmittelbar auf die Nadel schreiben zu lassen, weil dann ein Irrtum auch bei dem ungeübten Beobachter ganz ausgeschlossen ist.

Die Verbindungslinie zwischen dem Süd- und Nordpol einer horizontal freibeweglichen Magnetnadel gibt die magnetische Nordrichtung oder den magnetischen Meridian an.

Die magnetische Nordrichtung bildet mit dem astronomischen Meridian einen Winkel, die magnetische Abweichung oder Deklination, deren Größe von der Zeit und der Lage des Beobachtungsortes abhängt.

58. Die Änderung der Deklination mit dem Orte. Die Deklination ist in Deutschland wie in fast ganz Europa zu unserer Zeit westlich, d. h. der magnetische Meridian liegt westlich von dem astronomischen Meridian (Fig. 100). Von Westen nach Osten nimmt sie ab, Aachen hatte im Jahre 1910 eine Deklination von 13° , Bochum 12° , Berlin 9° , Beuthen in Oberschlesien 6° . Die Linien, welche Punkte gleicher

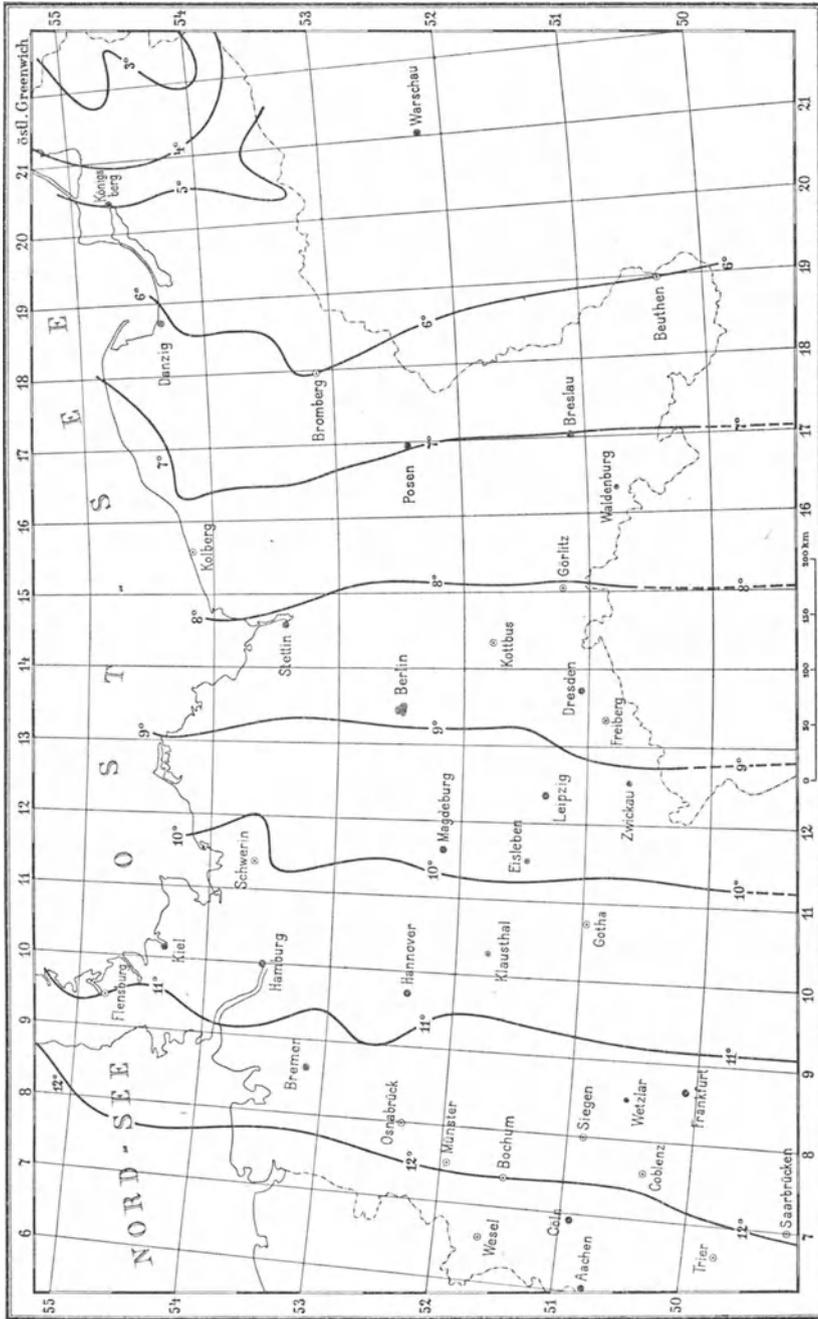


Fig. 101. Linien gleicher westlicher Deklination im Jahre 1910.

Deklination miteinander verbinden, heißen Isogonen. Sie verlaufen im allgemeinen regelmäßig von Süden nach Norden, so daß nord-südlich gelegene Punkte ungefähr gleiche Deklination haben. Die Figur 101 zeigt den Verlauf der Linien gleicher westlicher Deklination im Jahre 1910. Wo größere Ausbuchtungen auftreten und wo die Linien näher zusammenrücken, wie z. B. in Ostpreußen, liegen sogenannte erdmagnetische Störungsgebiete vor. Sie werden durch magnetisch aktive Gesteine, z. B. Magneteisenstein, verursacht und stehen mit dem geologischen Bau des betreffenden Gebietes in engstem Zusammenhang. Man kann aus der Größe und der Art des Verlaufes der Störungen auf die Tiefe und die Masse des störenden Minerals schließen. Auf den Magneteisensteinfeldern Schwedens z. B. werden Schürfarbeiten in großem Umfange unter Benutzung besonderer Magnetnadel-Instrumente, Magnetometer von Thalén-Tiberg, ausgeführt.

59. Die Änderung der Deklination mit der Zeit. a) Tägliche Änderung, Variation der Deklination. Die Magnetnadel ändert ihre Stellung dauernd. Etwa vormittags gegen 8 Uhr ist die Deklination am kleinsten, das Nordende wandert dann langsam nach Westen bis die Deklination gegen 2 Uhr mittags ihren größten Wert erreicht hat. Darauf kehrt die Nadel allmählich um und erreicht am Morgen des folgenden Tages ungefähr wieder ihre Anfangsstellung (Fig. 103 oben). Die Größe der täglichen Schwankung oder Variation nimmt mit der geographischen Breite zu, in Deutschland beträgt sie im Sommer etwa $\frac{1}{4}^{\circ}$, im Winter $\frac{1}{10}^{\circ}$. Zum genauen Studium dieser verhältnismäßig kleinen täglichen Schwankungen benutzt man besondere Instrumente, Magnetometer, an denen die Bewegungen des Magneten beobachtet werden, oder Magnetographen, welche die Drehungen der Magnetnadel selbsttätig aufzeichnen.

In der Figur 102 ist die Verbindung von Magnetometer und Magnetograph schematisch dargestellt. Der Magnet M hängt an einem dünnen Messing- oder Quarzfaden und trägt an einem Ende einen Spiegel S, in welchem sich das Bild einer Skala widerspiegelt und durch ein Fernrohr beobachtet werden kann. Wenn der Magnet ruhig hängt, bleibt das Bild der Skala unbeweglich, dreht sich der Magnet, so erscheinen andere Teilstriche der Skala. Das Maß der Drehung des Magneten ist durch den Skalenausschlag und die Entfernung der Skala vom Spiegel bestimmt.

Die Einrichtung des Magnetographen ist im wesentlichen folgende: Von dem schmalen Spalte O, der durch die Flamme F beleuchtet wird, fällt ein Lichtstreifen auf den Magnetspiegel S, wird dort zurückgeworfen und von der Zylinderlinse L zu einem feinen Lichtpunkte P vereinigt. An der Stelle von P befindet sich lichtempfindliches Papier, welches über eine durch ein Uhrwerk langsam gedrehte Walze W ge-

spannt ist. Wenn der Magnet ruhig hängt, schreibt der Lichtpunkt auf dem photographischen Papier eine gerade Linie (Fig. 102 unten); dreht er sich um den kleinen Winkel ϵ , so fällt der von dem Spiegel zurückgeworfene Lichtstrahl nach Q statt nach P. Aus dem Aus-

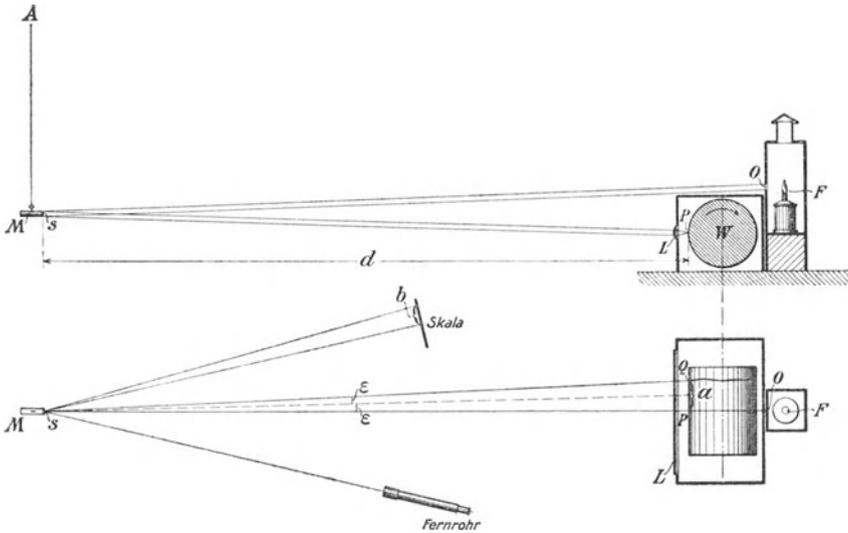


Fig. 102. Einrichtung eines Magnetographen. ($1/20$ der natürl. Größe.)
Fernrohr und Skala zu Kontrollablesungen.

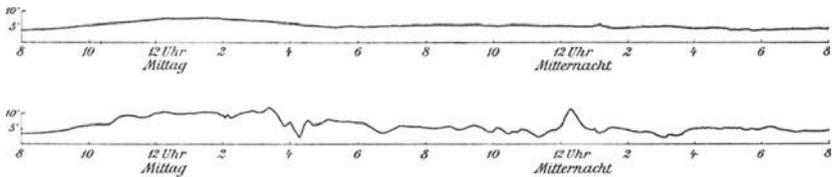


Fig. 103. Deklinationskurven; oben normale, unten gestörte Kurve.

schlag $PQ = a$ und der Entfernung d zwischen Spiegel und Walze läßt sich der Winkel ϵ berechnen. Es ist:

$$\operatorname{tg} 2\epsilon = \frac{a}{d} \quad \text{oder} \quad \epsilon = \frac{a}{2d} \cdot \rho', \quad \text{wurin } \rho' = 3438'.$$

Wird $d = 1719$ mm gemacht und setzt man $a = 1$ mm, dann ist:

$$\epsilon = \frac{1}{2 \cdot 1719} \cdot 3438' = 1'.$$

Die auf der Walze durch den Punkt Q gezogene Kurve deutet kleine Schwankungen des Magneten an. Um letztere leicht messen und die jeweilige Stellung des Magneten auf eine einheitliche Anfangs-

stellung zurückführen zu können, läßt man den Lichtstreifen außer auf den Magnetspiegel auf einen zweiten an dem Magnetinstrumente fest angebrachten Spiegel fallen, so daß auf dem Papier neben der Kurve eine gerade Linie oder Basis geschrieben wird. Die in der Figur 102 durch P gezogene gerade Linie kann die Basis veranschaulichen.

Der normale Verlauf der täglichen Variation ist aus der Figur 103 oben zu ersehen; in derselben Figur ist unten eine gestörte Kurve wiedergegeben. Derartige Deklinationskurven werden von der im Bochumer Stadtpark gelegenen magnetischen Warte der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, sowie von den Warten in Hermsdorf (Niederschlesien) und Beuthen (Oberschlesien) regelmäßig an die Markscheider versendet.

b) Jährliche Abnahme der Deklination, Säkularvariation. Die Deklination wird von Jahr zu Jahr um etwa $\frac{1}{10}^0$ kleiner, so daß der magnetische Meridian sich allmählich dem astronomischen nähert, bis er nach einer gewissen Zeit mit ihm zusammenfällt. Darauf geht die Deklination in eine östliche über und wächst bis zu einem Maximum von etwa 13^0 . Die Magnetnadel kehrt dann um, geht wieder durch den astronomischen Meridian und wandert bis in die westlichste Stellung, in welcher die Deklination etwa 20^0 beträgt, um darauf abermals umzukehren. Für einen vollen Hin- und Hergang, eine Pendelung, braucht die Magnetnadel in Deutschland etwa 500 Jahre, jedoch ist diese Angabe wegen des Fehlens genauer Beobachtungen aus früheren Jahrhunderten nur eine ungefähre.

Die nachstehende Zahlentafel gibt ein Bild von der

Abnahme der Deklination in Bochum seit dem Jahre 1800.

Jahr	Deklination westlich o	Jahr	Deklination westlich		Jährliche Abnahme '
			o	'	
1800	20	1900	12	47,2	4,4
1810	20½	1901	12	42,8	3,4
1820	20	1902	12	39,4	3,7
1830	19½	1903	12	35,7	4,3
1840	19	1904	12	31,4	4,2
1850	18	1905	12	27,2	4,7
1860	17	1906	12	22,5	5,1
1870	16	1907	12	17,4	6,2
1880	14,8	1908	12	11,2	7,1
1890	13,7	1909	12	4,1	7,7
		1910	11	56,4	

c) Die Ursachen der Schwankungen des Erdmagnetismus. Die stetigen Veränderungen in der Richtung und Kraft des Erd-

magnetismus sind vornehmlich äußeren Kräften zuzuschreiben und zwar in erster Linie der Sonnentätigkeit. Zum Teil finden die Variationen ihre Erklärung in elektrischen Strömen in der Erdrinde, den sogenannten Erdströmen, welche durch die äußeren Kräfte induziert werden. Ein Restbetrag der Variationen ist endlich auf vertikale Erd-Luftströme zurückzuführen, welche Spannungsunterschiede im elektrischen Felde der Erde und der Luft ausgleichen.

Die Größe der täglichen und jährlichen Schwankungen hängt sehr von der Stellung der Sonne ab. Gegen Mittag ist die Deklination am größten, im Winter ist sie kleiner als im Sommer. Der Einfluß der Sonnentätigkeit auf den Erdmagnetismus zeigt sich ferner außerordentlich deutlich bei den magnetischen Störungen. Veränderungen auf der Oberfläche der Sonne, die Sonnenflecken, mit welchen gewaltige elektrische Vorgänge verbunden sind, haben immer erdmagnetische Störungen im Gefolge. Ferner treten Störungen im Zusammenhang mit den namentlich in höheren geographischen Breiten beobachteten Polarlichtern auf; es sind dies mit Lichtwirkung verbundene elektromagnetische Entladungserscheinungen in großen Höhen der Atmosphäre.

Gelegentliche Störungen der Magnetnadel, welche aber ganz örtlicher Natur sind, können durch vorbeiziehende Gewitter verursacht werden.

II. Der Kompaß des Markscheiders.

60. Einrichtung und Gebrauch. Ein Kompaß dient zur Angabe der Richtung einer Linie in der Horizontalebene. Sein wesentlicher Bestandteil ist eine Magnetnadel, welche sich über einer horizontalen Kreisteilung einstellen kann. Die Anordnung ist aus der Figur 104 zu ersehen, welche die gebräuchlichste Form eines Markscheiderkompasses im Grund- und Aufriß darstellt. Im Mittelpunkt der oben durch eine Glasplatte G verschlossenen Kompaßbüchse K steht eine Stahlpinne P, auf welcher die Magnetnadel schwebt. Der Rand T der Büchse trägt eine Gradteilung, von der in der Figur nur die Zehn- und Fünfgradstriche angegeben sind. Die Kompaßbüchse K hängt mit zwei Lagern L bzw. Achsen A in dem Ringe R, welcher mit zwei Hängebügeln BB fest verbunden ist. Die Bügel endigen in Haken H_1 und H_2 , mit denen das ganze Instrument an einer Messingkette aufgehängt wird, wie es in der Figur angedeutet ist. Bei stark geneigten Zügen wird durch den untern Haken ein Stift gesteckt, welcher verhindert, daß der Bügel sich von der Kette abhebt.

Die Magnetnadel läßt sich zum Schutz der empfindlichen Spitze der Pinne durch eine Sperrvorrichtung feststellen, indem sie durch

Drehen der Schraube S von der Pinne abgehoben und mit dem Hütchen gegen den Glasdeckel G gedrückt wird.

Alle Teile des Kompasses, mit Ausnahme der Magnetnadel und der Pinne, sind aus dem magnetisch unwirksamen Messing angefertigt. Die Stahlpinne lenkt die Nadel nicht ab, weil sie symmetrisch zu ihr steht, so daß Nord- und Südpol gleich stark beeinflußt werden.

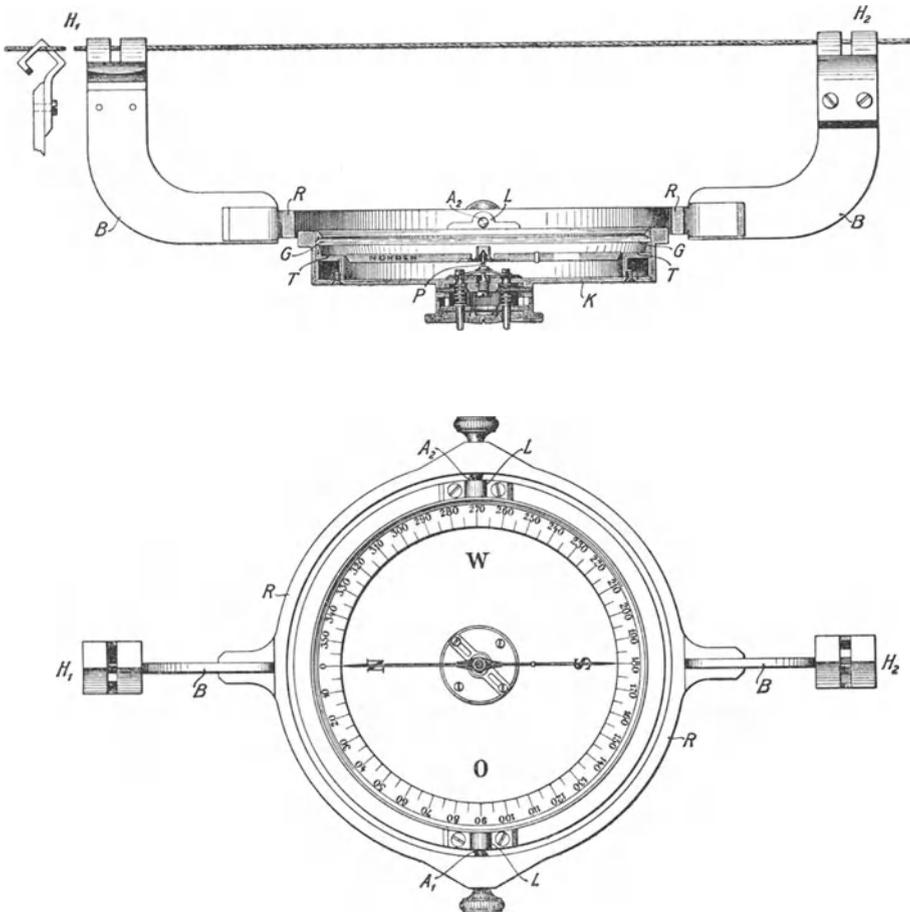


Fig. 104. Hängekompaß nach Freiburger Bauart. ($\frac{1}{2}$ der natürl. Größe.)

Der in der Figur 104 dargestellte Kompaß ist nach Freiburger Art gebaut; die Casseler Konstruktion (Fig. 105) unterscheidet sich von ihm nur dadurch, daß der Ring R in zwei Lagern drehbar ist und sich infolgedessen in die Bügelebene klappen läßt. Durch diese Einrichtung kann der Casseler Kompaß in einer kleineren Tasche verpackt werden, welche in engen Grubenräumen praktischer ist. Auf der

andern Seite treten mit der Konstruktion des beweglichen Ringes Fehlerquellen auf, gegenüber denen die Rücksicht auf die unbedeutende Erleichterung des Transportes zurücktreten muß. Die Freiburger Bauart ist darum der Casseler vorzuziehen, namentlich da, wo der Kompaß nicht häufig geprüft und berichtigt werden kann.

An dem in der Figur 105 abgebildeten Kompaß erfolgt die Feststellung der Nadel durch seitliches Verschieben eines kleinen, auf dem Rande der Büchse angebrachten Schraubenkopfes.

Im Grundriß der Figur 104 fällt auf, daß die Kreisteilung links-läufig ist und O (Ost) und W (West) gegeneinander vertauscht sind. Die Zweckmäßigkeit bzw. Notwendigkeit dieser Einrichtung erhellt aus folgendem:

Es soll die Richtung der Linie AB (Fig. 106) mit dem Kompaß bestimmt werden. Zu diesem Zwecke spannt man zwischen den Punkten A und B eine Schnur oder Meßkette aus und hängt den Kompaß so an, daß der Nullpunkt bzw. N der Teilung voraus d., h. in der Richtung nach B zeigt. Darauf wird die Sperrvorrichtung der Nadel gelöst und die Stellung der Nordspitze an der Kreisteilung abgelesen. In der Figur beträgt die Ablesung 72° , es ist unmittelbar der Winkel γ , welchen die Richtung AB mit dem magnetischen Meridian bildet. Der Winkel γ ist das Streichen der Linie AB, α ist ihr Azimut. Das Streichen einer Linie ist demnach größer als das Azimut, der Unterschied zwischen beiden ist gleich der Deklination $\delta = \gamma - \alpha$.

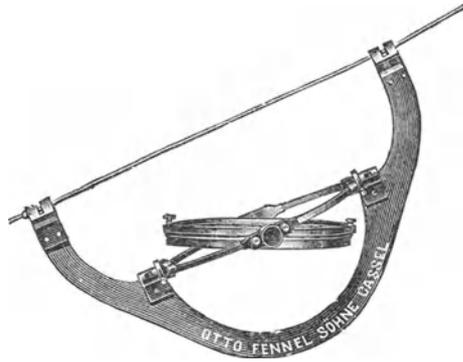


Fig. 105. Ansicht des Casseler Hängekompasses. ($\frac{1}{4}$ der natürl. Größe.)

In der Figur beträgt die Ablesung 72° , es ist unmittelbar der Winkel γ , welchen die Richtung AB mit dem magnetischen Meridian bildet. Der Winkel γ ist das Streichen der Linie AB, α ist ihr Azimut. Das Streichen einer Linie ist demnach größer als das Azimut, der Unterschied zwischen beiden ist gleich der Deklination $\delta = \gamma - \alpha$.

Die Kreisteilung auf der Kompaßbüchse läuft von 0° bis 360° durch. Früher war statt der Gradteilung fast allgemein die in der Figur 107 gezeichnete Stundenteilung üblich, welche in vereinzelt Fällen auch heute noch vorkommt. Sie rührt von der Einteilung des Tages in 2×12 Stunden her, so daß einer Stunde $\frac{360}{2 \times 12} = 15^\circ$ entsprechen. Die Unterabteilungen sind verschieden, am häufigsten ist die Einteilung in Achtelstunden, von denen noch Sechzehntel geschätzt werden. Der kleinste Teil ist demnach $\frac{1}{8/16} = \frac{1}{128}$ Stunde. Ganze,

Achtel- und halbe Achtel-Stundenstriche sind auf der Teilung angegeben.

In der Figur 107 liest man O 4. 6. 7.; die Angabe von O (Ost) oder W (West) ist notwendig, weil die Teilung zweimal von 0 bis 12 Stunden

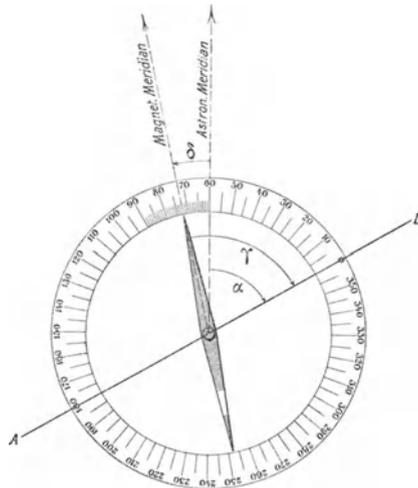


Fig. 106. Azimut und Streichen.

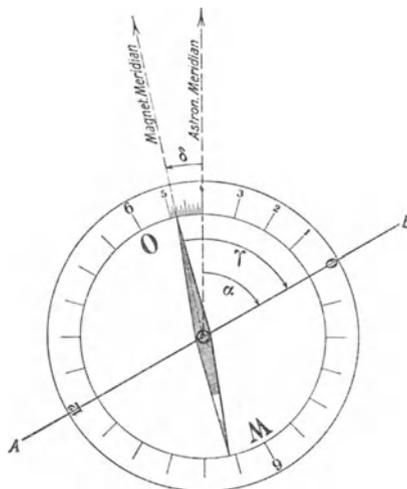


Fig. 107. Stundeneinteilung des Kompasses.

geht; es müssen deshalb die beiden Hälften des Kreises besonders gekennzeichnet werden.

Die nachstehende Zahlentafel gibt die Bruchteile der Stunden in Graden an. Wenn man z. B. die Ablesung O 4. 6. 7. (4 Stunden +

6 Achtelstunden + 7 Sechzehntel-Achtelstunden) in Grade verwandeln will, so bildet man zunächst $4 \times 15^0 = 60^0$ und entnimmt der Zahlentafel bei 6. 7. den Wert $12,1^0$, welcher zu 60^0 addiert wird. Das Ergebnis ist $0\ 4.\ 6.\ 7. = 72,1^0$.

Sollen umgekehrt z. B. $132,3^0$ in Stunden verwandelt werden, so bildet man zunächst $\frac{132,3^0}{15} = 8$ (Rest $12,3^0$). Für den Rest von $12,3^0$ findet man in der Zahlentafel 6. 9, so daß sich ergibt: $132,3^0 = 0\ 8.\ 6.\ 9.$

Zahlentafel zur Verwandlung von Stunden in Grade.

Achtel- Stunden	Sechzehn- tel Achtel	Grad									
0	0	0,0	2	0	3,8	4	0	7,5	6	0	11,2
	1	0,1		1	3,9		1	7,6		1	11,4
	2	0,2		2	4,0		2	7,7		2	11,5
	3	0,4		3	4,1		3	7,9		3	11,6
	4	0,5		4	4,2		4	8,0		4	11,7
	5	0,6		5	4,3		5	8,1		5	11,8
	6	0,7		6	4,5		6	8,2		6	12,0
	7	0,8		7	4,6		7	8,3		7	12,1
	8	0,9		8	4,7		8	8,4		8	12,2
	9	1,1		9	4,8		9	8,6		9	12,3
	10	1,2		10	4,9		10	8,7		10	12,4
	11	1,3		11	5,0		11	8,8		11	12,5
	12	1,4		12	5,2		12	8,9		12	12,7
	13	1,5		13	5,3		13	9,0		13	12,8
	14	1,6		14	5,4		14	9,1		14	12,9
	15	1,8		15	5,5		15	9,3		15	13,0
1	0	1,9	3	0	5,6	5	0	9,4	7	0	13,1
	1	2,0		1	5,7		1	9,5		1	13,2
	2	2,1		2	5,9		2	9,6		2	13,4
	3	2,2		3	6,0		3	9,7		3	13,5
	4	2,3		4	6,1		4	9,8		4	13,6
	5	2,5		5	6,2		5	10,0		5	13,7
	6	2,6		6	6,3		6	10,1		6	13,8
	7	2,7		7	6,4		7	10,2		7	13,9
	8	2,8		8	6,6		8	10,3		8	14,1
	9	2,9		9	6,7		9	10,4		9	14,2
	10	3,0		10	6,8		10	10,5		10	14,3
	11	3,2		11	6,9		11	10,7		11	14,4
	12	3,3		12	7,0		12	10,8		12	14,5
	13	3,4		13	7,1		13	10,9		13	14,6
	14	3,5		14	7,3		14	11,0		14	14,8
	15	3,6		15	7,4		15	11,1		15	14,9
									8	0	15,0
									= 1 Stunde		

Die Einteilung des Kompasses in Stunden und deren Bruchteile ist wegen der komplizierten Ablesung und Umrechnung in Grade außerordentlich unbequem. Vor der allgemeinen Einführung der Gradteilung hatte sie Berechtigung, heute verschwindet sie erfreulicherweise mehr und mehr.

61. Die Orientierungslinie. Durch die Beziehung: Streichen minus Azimut gleich Deklination ist der Weg gezeigt, auf welchem die Größe der Deklination ermittelt werden kann. Man braucht zu diesem Zweck nur mit dem Kompaß das Streichen einer Linie abzunehmen, deren Azimut bekannt ist.

Eine Linie, welche zur Bestimmung der Deklination dient, heißt Orientierungslinie. Über Tage besteht sie meist aus der ungefähr

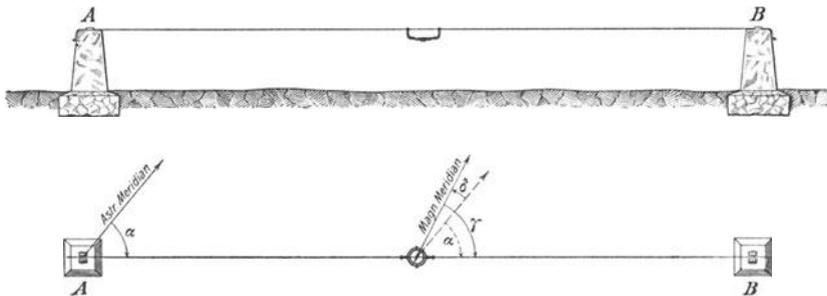


Fig. 108. Orientierungslinie.

horizontalen Verbindungslinie zweier Steine im Abstand von 10—20 m, welche auf ihrer Oberfläche mit Rillen versehen sind, zwischen denen eine Schnur oder Meßkette ausgespannt werden kann (Fig. 108). An dem an die Kette gehängten Kompaß wird das Streichen γ der Linie AB unmittelbar abgelesen. Das Azimut α kann durch eine astronomische Meridianbestimmung nach der Sonne oder dem Polarstern ermittelt bzw. aus dem Koordinatensystem des betreffenden Gebietes abgeleitet werden. Die Lösung dieser Aufgaben geht über den Rahmen des vorliegenden Buches hinaus.

In der Grube kann als Orientierungslinie eine Seite des Theodolituges (siehe Abschnitt VIII) benutzt werden, jedoch nur für den Fall, daß die Magnetnadel nicht durch benachbartes Eisen abgelenkt wird.

Ein Beispiel möge die Beobachtung einer Orientierungslinie erläutern:

Beobachtung der Orientierungslinie im Grubenfelde der Zeche Wilhelmine am 1. Oktober 1911, nachmittags 3 Uhr, mit dem Kompaß Nr. 8231 von Fennel.

Streichen der Orientierungslinie (im Mittel aus drei Ablesungen am Kompaß an verschiedenen Stellen der Linie)	63,2 ⁰
Azimit der Orientierungslinie	51,4 ⁰
<hr/>	
Deklination	11,8 ⁰ westlich.

Die ermittelte Deklination von 11,8⁰ gilt nur für den Ort und die Zeit der Messung, sowie für den benutzten Kompaß. Finden die Kompaßmessungen an anderer Stelle statt, so ist die Änderung der Deklination mit dem Orte zu berücksichtigen (siehe S. 81). Größere Unterschiede treten aber nur in ostwestlicher Richtung auf und auch diese sind auf dem begrenzten Gebiete eines Grubenfeldes in der Regel zu vernachlässigen. Läßt man Abweichungen von $\frac{1}{20}^0$ vom richtigen Werte der Deklination zu, was in Anbetracht der sonstigen bei einer einfachen Kompaßmessung unvermeidlich unterlaufenden Fehler berechtigt ist, so darf man bis zu etwa 7 km Entfernung östlich und westlich der Orientierungslinie dieselbe Deklination benutzen.

Die Beobachtung der Orientierungslinie findet nun immer zu einer anderen Zeit statt als die Kompaßmessungen, so daß die Deklination sich in der Zwischenzeit geändert hat. Bei normalem Verlauf der Variation beträgt die tägliche Schwankung im Sommer $\frac{1}{4}^0$ im Winter $\frac{1}{10}^0$. Ebenso groß können im Maximum also die Fehler sein, welche man macht, wenn der Zeitunterschied zwischen der Beobachtung an der Orientierungslinie und den Messungen nicht berücksichtigt wird. In der Regel ist auch diese Vernachlässigung gestattet, zumal sich die Fehler zum großen Teile ausgleichen, wenn die Messung sich über einen längern Zeitraum erstreckt. Nur in besondern Fällen, etwa beim Hängen einer wichtigen Stunde, wird man das an der Orientierungslinie beobachtete Streichen an der Hand der Deklinationkurven auf den Augenblick reduzieren, in welchem die Stunde gehängt worden ist und einen größeren Unterschied berücksichtigen. Es sei aber nochmals betont, daß dies nur in ganz seltenen Fällen zu geschehen braucht, in der Regel wird es genügen, vor und nach jeder längern Messung die Orientierungslinie zu beobachten und den gefundenen Mittelwert bei der Zulage der Kompaßmessungen einzusetzen. Nur zu Zeiten großer magnetischer Unruhe, insbesondere bei starken magnetischen Gewittern, welche sich dem aufmerksamen Beobachter während der Messung durch eigentümliches lebhaftes Zittern der Magnetonadel verraten, können beträchtliche Änderungen der Deklination vorkommen. In solchen Fällen empfiehlt sich ein Einblick in die Deklinationkurven.

62. Die Fehler des Kompasses. Oben wurde gesagt, daß die an der Orientierungslinie ermittelte Deklination nur für den dort

benutzten Kompaß gültig sei. Der Grund hierfür liegt in dem Orientierungsfehler, mit welchem jeder Kompaß mehr oder weniger behaftet ist. Ein solcher Fehler liegt vor, wenn die Hakenlinie nicht parallel zur 0° — 180° Linie der Teilung ist. Er bewirkt, daß alle Ablesungen an dem Kompaß um den Betrag des Kreuzungswinkels der beiden Linien, den Orientierungsfehler, zu groß oder zu klein ausfallen. Wenn man nun an der Orientierungslinie die für den betreffenden Kompaß gültige Deklination bestimmt und bei der Zulage der Messungen berücksichtigt, so hat der Fehler keine Bedeutung mehr.

Eine weitere Bedingung für die Richtigkeit des Kompasses fordert, daß die Kompaßachse, an der die Büchse in dem Kompaßring hängt, rechtwinklig zur Hakenlinie steht. Die etwaige Abweichung heißt Kollimationsfehler, dessen Einfluß mit dem Neigungswinkel der Schnur oder Kette stark zunimmt. Bezeichnet man mit k_0 den Kollimationsfehler bei horizontaler Schnur, mit α den Neigungswinkel der letzteren, dann besteht die Beziehung:

$$k = \frac{k_0}{\cos \alpha}$$

Ist $k_0 = \pm 1^{\circ}$, d. h. bildet die Kompaßachse bei horizontaler Schnur mit der Hakenlinie einen Winkel von 91° oder 89° statt 90° , so ergibt sich folgende

Zahlentafel des Kollimationsfehlers $\pm 1^{\circ}$ für Neigungswinkel von 0° — 90° .

Neigungswinkel der Schnur	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Fehler des Streichwinkels infolge des Kollimationsfehlers	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 1,1^{\circ}$	$\pm 1,1^{\circ}$	$\pm 1,3^{\circ}$	$\pm 1,6^{\circ}$	$\pm 2,0^{\circ}$	$\pm 2,9^{\circ}$	$\pm 5,7^{\circ}$	∞

Aus der vorstehenden Zahlentafel geht hervor, daß der Einfluß des Kollimationsfehlers auf den Streichwinkel bis zu Neigungswinkeln von etwa 45° nur sehr langsam zunimmt; auch bei Neigungen bis 60° ist der Fehler noch erträglich, darüber hinaus werden die Streichwinkel aber sehr ungenau.

Bei der Bestimmung des Orientierungsfehlers geht der Kollimationsfehler in den letztern ein, man erhält also die Summe zweier Fehler. Während nun der Orientierungsfehler für alle Neigungswinkel derselbe bleibt, nimmt der Anteil des Kollimationsfehlers mit dem Nei-

gungswinkel zu. Der Betrag von 1° , welcher der Berechnung der obigen Zahlentafel zugrunde gelegt wurde, ist in dem an der Orientierungslinie ermittelten Gesamtfehler bereits enthalten, als Einfluß der Schnurneigungen kommt deshalb ein um 1° kleinerer Streichwinkelfehler in Betracht als die Zahlentafel angibt. Die Zunahme des Kollimationsfehlers von $\pm 1^\circ$ beträgt demnach bei einem Neigungswinkel von 50° nur $0,6^\circ$, bei 80° jedoch bereits $+4,7^\circ$. Man wird also sehr steile Schnüre tunlichst vermeiden.

Ein weiterer Fehler des Kompasses tritt dann auf, wenn die Kompaßachse während der Messung nicht horizontal liegt. Diese Bedingung ist bei dem Freiburger Kompaß mit festem Ring durchweg erfüllt, dagegen kann bei dem Casseler Hängezeug leicht ein Neigungsfehler auftreten, dessen Einfluß auf den Streichwinkel von dem Neigungswinkel der Schnur abhängt. Ist i_0 die Neigung der Kompaßachse gegen die Horizontale und α der Neigungswinkel der Schnur, dann ergibt sich der Einfluß des Neigungsfehlers auf den Streichwinkel aus der Beziehung: $i = i_0 \cdot \sin \alpha$.

Abhängigkeit des Einflusses einer Neigung der Kompaßachse von $\pm 1^\circ$ auf den Streichwinkel von der Größe des Neigungswinkels.

Neigungs- winkel derSchnur	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Fehler des Streich- winkels	$\pm 0,0^\circ$	$\pm 0,2^\circ$	$\pm 0,3^\circ$	$\pm 0,5^\circ$	$\pm 0,6^\circ$	$\pm 0,8^\circ$	$\pm 0,9^\circ$	$\pm 0,9^\circ$	$\pm 1,0^\circ$	$\pm 1,0^\circ$

Wie man sieht, ist die Wirkung des Neigungsfehlers auf den Streichwinkel nicht so bedenklich wie die des Kollimationsfehlers. Der Einfluß des erstern wird ganz aufgehoben, wenn man den Kompaß umhängt, d. h. H_1 an die Stelle von H_2 (Fig. 104) bringt und aus beiden Ablesungen das Mittel nimmt.

Ein häufig vorkommender Fehler ist in der exzentrischen Lage des Aufhängepunktes oder in einer Verbiegung der Nadel begründet. Die Ablesung an der Südspitze der Nadel ist dann nicht genau um 180° verschieden von der Nordablesung. Man prüft den Kompaß hierauf durch doppelte Ablesungen in verschiedenen Kreisstellungen; ergeben sich dabei Abweichungen von mehr als $0,1^\circ$ — $0,2^\circ$, so liest man bei den Messungen an beiden Nadelspitzen ab und verbessert die Ablesung am Nordende um den halben Betrag der Abweichung von 180° . Es sei z. B. an der Nordspitze $72,0^\circ$, an der Südspitze dagegen $252,4^\circ$ abgelesen, dann beträgt die verbesserte Nordablesung $72,2^\circ$.

Aus den bisherigen Betrachtungen der Fehler des Kompasses haben wir gesehen, daß die Einflüsse der Orientierungs-, Neigungs-

und Exzentrizitätsfehler sich durch geeignete Beobachtungsmethoden unschädlich machen lassen, so daß nur der Kollimationsfehler bestehen

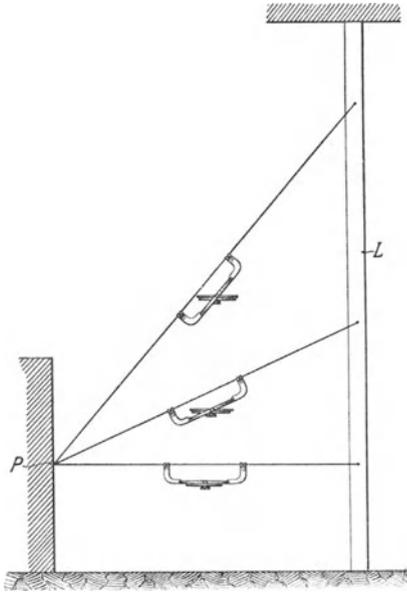


Fig. 109. Lattenprobe.

bleibt. Man kann den letztern durch die sogenannte Lattenprobe nachweisen. Die Einrichtung ist folgende: In eine vertikal gestellte feste Latte (Fig. 109) werden eine Anzahl Nägel oder Haken genau untereinander eingeschlagen und zwischen diesen und einem festen Punkt P Schnüre gespannt, welche dann alle in einer vertikalen Ebene liegen und verschieden stark geneigt sind. Beobachtet man nacheinander das Streichen dieser Schnüre, so muß es für alle Schnüre gleich sein, vorausgesetzt, daß ein etwaiger Neigungsfehler durch Umhängen des Kompasses ausgeschaltet wird. Ergeben sich dann noch Abweichungen in den Ablesungen, so liegt ein Kollimationsfehler

vor, der sich nur durch vorsichtiges Biegen der Aufhängebügel vermindern oder beseitigen läßt.

III. Die Ausführung eines Kompaßzuges.

63. Allgemeines. Unter einem Kompaßzuge versteht man einen gebrochenen Linienzug, bei welchem das Streichen jeder einzelnen Linie mit dem Kompaß bestimmt wird (Fig. 110). Dabei wird der Kompaß an eine zwischen den Endpunkten der Linie ausgespannte Meßkette gehängt, an welcher die Länge abgelesen werden kann. Sind die Linien geneigt, so wird der Neigungswinkel mit einem Gradbogen gemessen. Aus den Richtungen und söhlichen Längen der einzelnen Linien läßt sich der Linienzug im Grundriß auftragen. Ein solcher Kompaßzug bildet das Gerippe für die Darstellung der Grubenbaue, durch welche er geführt ist. Mißt man die Abstände der Streckenstöße gegen Punkte des Kompaßzuges ein und entwirft von dem Verlauf desselben eine gute Handzeichnung, so lassen sich auf Grund der Messungsergebnisse alle Einzelheiten der Grubenbaue bildlich darstellen.

Für die Auftragung oder die „Zulage“ des Kompaßzuges auf das Grubenbild muß die Lage des Anfangspunktes der Messung bereits bekannt sein. Ist ein Anschlußpunkt nicht von vornherein gegeben, etwa durch eine Markscheiderstufe oder einen Festpunkt der Theodolitmessung (S. 32), so kann die Messung an dem Schnittpunkt zweier Strecken, einem Aufbruch oder dgl. beginnen, falls dieselben bereits auf dem Grubenbild vorhanden sind. In dem Beispiel des Kompaßzuges (Fig. 112) beginnt die Messung in P. M. 75, d. h. in dem Festpunkt 75 der Präzisionsmessung.

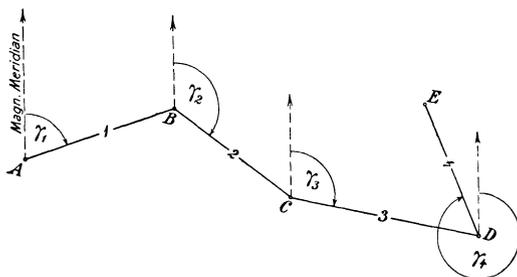


Fig. 110. Kompaßzug.

Bei der Ausführung eines Kompaßzuges werden folgende Instrumente gebraucht: Das sogenannte Hängezeug, bestehend aus Kompaß und Gradbogen, zusammen in der zugehörigen Ledertasche verpackt, eine Meßkette, ein Zollstock, 3 Pfiemen, Nägel, Hammer und eine eisenfreie Lampe. Zur Bedienung sind zwei Mann als Kettenzieher erforderlich. Der Hergang bei der Messung ist im einzelnen folgender: Zunächst werden Datum der Messung, eine genaue Bezeichnung der Örtlichkeit, der Name des Beobachters und Angaben über die benutzten Instrumente in das Beobachtungsbuch eingetragen. Die beiden Kettenzieher spannen unterdessen die Kette, in dem Anfangspunkt der Messung beginnend, aus, wobei der Vordermann die Kettenrolle nimmt, in der Richtung der Messung vorausgeht und einen geeigneten Endpunkt des ersten Zuges aufsucht. Die Lage des letztern ist außer durch die Länge des Zuges, welche in söhligem Strecken höchstens 20 m, d. i. eine Kettenlänge, in schwebenden Strecken aber nicht mehr als 10—15 m betragen soll, durch die örtlichen Verhältnisse bedingt, insofern als die Kette überall frei hängen muß. Der Beobachter überzeugt sich hiervon, indem er vor dem Anhängen des Kompasses oder Gradbogens an ihr entlang geht, wobei er zweckmäßig gleichzeitig die Länge des Zuges durch Ablesen der ganzen Meter und Messung des über das letzte Meterzeichen hinausreichenden Stückes mit einem Zollstock bestimmt. Die ermittelte Länge des Zuges wird sofort in das Beobachtungsbuch eingetragen. In söhligem Strecken spannt man

die Kette nach Augenmaß horizontal, weil dann der Neigungswinkel nicht gemessen und die Sohle nicht berechnet zu werden braucht. Die Schätzung nach Augenmaß ist genügend genau, da die Sohle bei einem Höhenunterschied von ± 20 cm zwischen Anfangs- und Endpunkt eines 10 m langen Zuges nur 2 mm kürzer ist als die unmittelbar gemessene Länge. Bei einem Höhenunterschied von 50 cm beträgt die Verkürzung der Sohle gegen die flache Länge von 10 m nur 1 cm.

Anders verhält es sich natürlich bei den Seigerteufen, indem hier der Höhenunterschied zwischen Anfangs- und Endpunkt des Zuges in seiner ganzen Größe eingeht. Wenn daher die Seigerteufen berechnet werden sollen, so müssen auch in söhligem Strecken die Neigungswinkel gemessen werden.

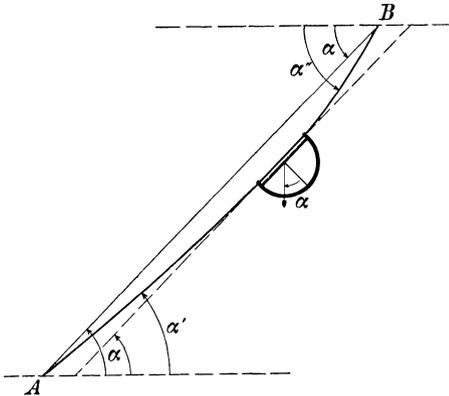


Fig. 111. Der Gradbogen an geneigter Sehnur.

In schwebenden Strecken ist der Neigungswinkel bei jedem einzelnen Zuge zu bestimmen. Die Aufhängestelle des Gradbogens ist von der Neigung der Kette abhängig. Bei annähernd horizontalen Zügen wird der Gradbogen in der Mitte der Kette aufgehängt, bei Neigungen über 10° etwa in Zweidrittel der Länge von unten. In der Figur 111 sei α der Neigungswinkel der geraden Verbindungslinie AB,

von der die Kette wegen ihrer eigenen Schwere und des Gewichtes des angehängten Gradbogens abweicht. Es entsteht nun die Frage, an welcher Stelle der Kette der Gradbogen den richtigen Neigungswinkel angibt. Am unteren Ende erhält man den offenbar zu kleinen Winkel α' , am oberen den zu großen Winkel α'' . Den richtigen Winkel α erhält man im Berührungspunkt der zu der Geraden AB parallelen Tangente an die Kettenlinie. Die Lage dieses Punktes hängt von dem Gewicht und der Spannung der Kette, von der Schwere des Gradbogens und von der Größe des Neigungswinkels ab. Man trifft ungefähr das Richtige, wenn man die Aufhängestelle in Zweidrittel der Kettenlänge von unten aus gerechnet annimmt.

Der Kompaß wird an einer beliebigen Stelle der Kette angehängt aber immer mit „Norden“ voraus, d. h. so, daß der Nord- bzw. Nullpunkt der Teilung nach vorn in der Richtung der Messung liegt. Die Aufhängestelle ist so zu wählen, daß der Kompaß möglichst weit von Eisen entfernt ist, also möglichst hoch über der Förderbahn und möglichst weit von Förderwagen und seitlich angebrachten Rohren.

Nach dem Anhängen des Kompasses löst man die Sperrvorrichtung der Magnetnadel, richtet die Kompaßbüchse horizontal, läßt die Nadel zur Ruhe kommen und liest an der Nordspitze ab. Hierbei darf natürlich nur eine eisenfreie Lampe benutzt werden. Die Ablesung wird sofort in das Beobachtungsbuch eingetragen. Wenn Eisen in der Nähe ist, so ist der Kompaß an mehreren Stellen der Kette anzuhängen, weil man dann ein Urteil über die Zuverlässigkeit des betreffenden Streichwinkels erhält. Ergeben die verschiedenen Ablesungen größere Unterschiede, so wird hierüber eine Bemerkung in das Beobachtungsbuch gemacht.

Der zweite Zug schließt sich an den Endpunkt des ersten Zuges an, der von dem vorderen Kettenzieher gesteckte Pfriemen muß also steckenbleiben. Im Endpunkt des letzten Zuges der Kompaßmessung wird ein Ringeisen oder Nagel geschlagen und in der Nähe desselben eine Stufe befestigt (Fig. 112). An der Abzweigung einer zweiten Strecke, z. B. eines Überhauens von der Grundstrecke, wird ein Nagel oder Ringeisen hinterlassen, aus dem die Messung fortgesetzt werden kann. Es sei jedoch auch an dieser Stelle bemerkt, daß Ringeisen und die in den Figuren 45 u. 46, S. 32 abgebildeten Stufen als Zeichen der Festpunkte des Markscheiders vorbehalten sind und von den Betriebsbeamten nur zum Anschluß ihrer Messungen benutzt werden dürfen.

Zu den Messungen ist an Ort und Stelle eine gute Handzeichnung zu entwerfen, welche den Verlauf der Strecke und alle bemerkenswerten Einzelheiten der Grubenbaue enthält. Insbesondere ist anzugeben, ob die Strecke in der Lagerstätte oder im Gestein steht; ferner sind Streichen und Fallen von Störungen zu bestimmen, endlich auch in gewissen Abständen der Fallwinkel und die Mächtigkeit der Lagerstätte (Fig. 112).

64. Beispiel einer Kompaßmessung. (s. S. 98 und 99).

IV. Die Genauigkeit einer Kompaßmessung.

Allgemeines. Die Genauigkeit einer Kompaßmessung hängt von der Güte des benutzten Kompasses und der Meßkette, der Sorgfalt des Beobachters sowie von den örtlichen Verhältnissen ab. Im allgemeinen kann man zwischen Längen- und Richtungsfehlern unterscheiden.

65. Längenfehler. Über Längenfehler bei Kettenmessungen im allgemeinen ist auf S. 47 das Notwendige bereits gesagt. Danach lassen die oberbergamtlichen Vorschriften Abweichungen von $\frac{1}{800}$ der gemessenen Länge zu, d. h. auf 800 m einen Meter, auf 100 m $12\frac{1}{2}$ cm.

Beispiel einer Kompaßmessung.

21. Oktober 1911, vormittags.

Zeche Germania I, 3. Tiefbausohle, nördlicher Hauptquerschlag. Flöz 16.
 Angehalten P. M. 75 im Querschlag.

Punkt	Zug Nr.	Ablesung am Kompaß = Streichen		Gemessene flache Länge l m	Ablesung am Gradbogen = Neigungswinkel		Söhlige Länge $s = l \cdot \cos \alpha$ m	Seigerteufe $h = l \cdot \sin \alpha$		Höhenzahl der Punkte bezogen auf Normal-Null		Punkt	Abstand der Punkte von der Sohle m
		°	$1/10^\circ$		+ steigt	- fällt		m	m	±	m		
P.M.75	1	73, 0		18, 35			18, 35					P.M.75	2, 20
T	2	59, 8		16, 83			16, 83					T	1, 34
	3	83, 5		17, 42			17, 42						
$\nabla^{10/11.1}$	4	57, 2		13, 94			13, 94					$\nabla^{10/11.1}$	1, 40
Aus P. M. 75 weiter:													
P.M.75	5	255, 0		12, 51		4, 7	12, 47		1, 02	-	110, 26	P.M.75	2, 20
T	6	236, 4		10, 70	1, 2		10, 70	0, 22		-	111, 28	T	1, 34
	7	266, 2		19, 78			19, 78			-	111, 06		
	8	248, 5		10, 20			10, 20						
	9	303, 4		9, 90			9, 90						
$\nabla^{10/11.2}$	10	251, 0		16, 87			16, 87					$\nabla^{10/11.2}$	1, 45
Aus dem Endpunkte des Zuges Nr. 6 weiter													
T	11	350, 6		13, 07	24, 3		11, 90	5, 38		-	111, 06	T	1, 34
	12	324, 5		13, 51	34, 3		11, 16	7, 62		-	105, 68		0, 50
	13	352, 5		13, 22	37, 5		10, 48	8, 05		-	98, 06	0, 65	
	14	343, 4		12, 83	35, 7		10, 41	7, 49		-	90, 01	1, 30	
	15	334, 3		12, 95	33, 3		10, 82	7, 11		-	82, 52	1, 25	
	16	359, 4		14, 29	35, 4		11, 65	8, 28		-	75, 41	1, 00	
$\nabla^{10/11.3}$	17	326, 2		14, 77	36, 5		11, 88	8, 79		-	67, 13	0, 90	
	18	60, 4		20, 00			20, 00			-	58, 34	$\nabla^{10/11.3}$	1, 12
	19	85, 2		19, 85			19, 85						
	20	69, 0		19, 67			19, 67						
$\nabla^{10/11.4}$	21	67, 2		18, 38			18, 38					$\nabla^{10/11.4}$	1, 48

Name des Beobachters: Paul Hartmann.

Benutzte Instrumente: Hängezeug Nr. 68
von Breithaupt, 20 m Messingkette,
Zollstock.

Beobachtung der Orientierungslinie am
21. Oktober um 3 Uhr nachmittags.

Streichen der Orientierungslinie 97,7°

Richtungswinkel (bzw. Azimut) 85,7°

Deklination westl. 12,0°

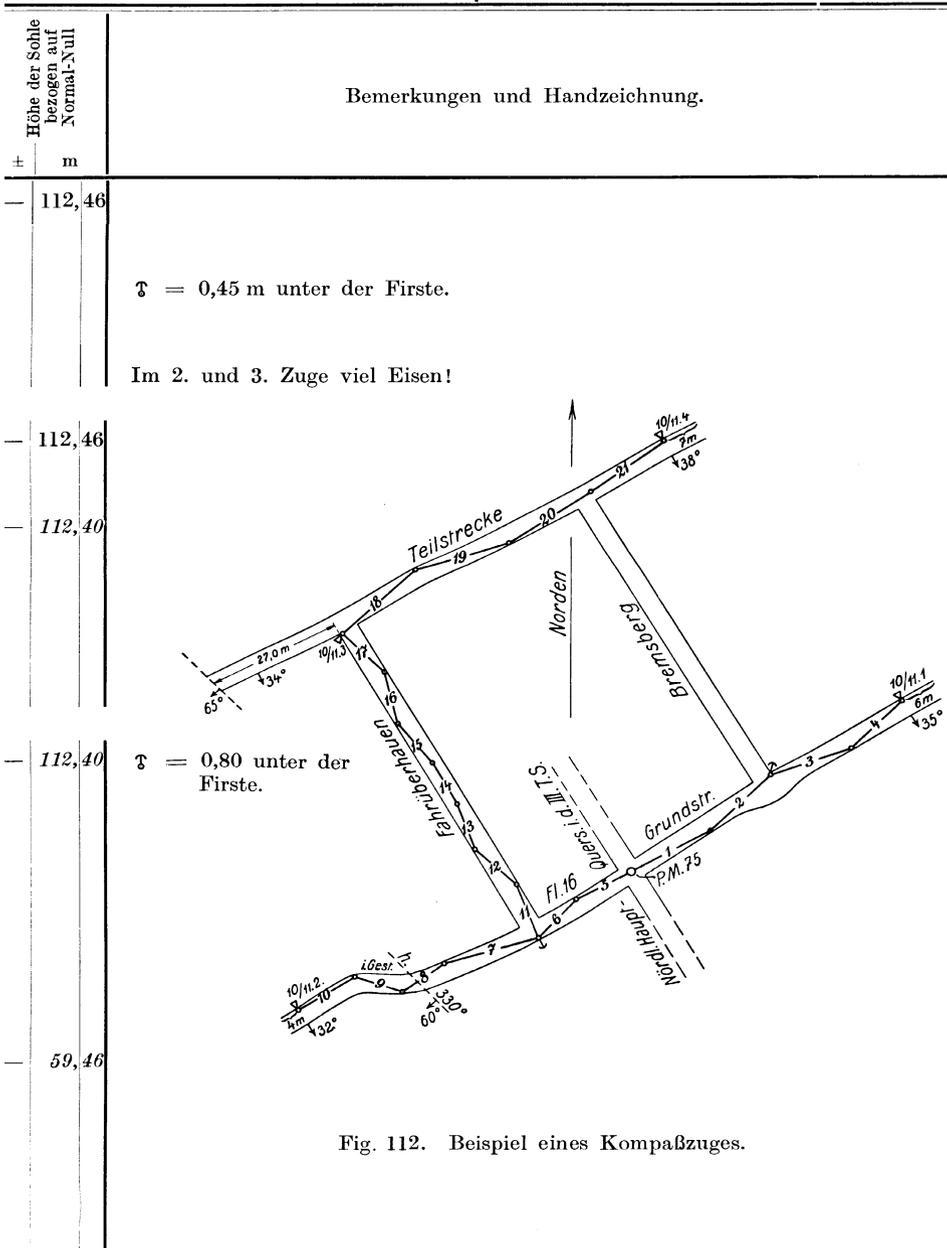


Fig. 112. Beispiel eines Kompaßzuges.

Bei der Ableitung der Sohlen und Seigerteufen aus den flachen Längen und den Neigungswinkeln gehen auch die Fehler der Gradbogenmessung ein. Nimmt man den Fehler des Neigungswinkels im Durchschnitt zu $\pm 0,5^\circ$ an, so ergibt sich folgende

Zahlentafel des Einflusses eines Neigungsfehlers von $\pm 0,5^\circ$ bei einer flachen Länge von 10 m.

Neigungswinkel °	Fehler in der Sohle \mp cm	Fehler in der Seigerteufe \pm cm
0	0,0	8,7
10	1,5	8,6
20	3,0	8,2
30	4,4	7,6
40	5,6	6,7
45	6,2	6,2
50	6,7	5,6
60	7,6	4,4
70	8,2	3,0
80	8,6	1,5
90	8,7	0,0

Man erkennt aus der Zahlentafel, daß die Fehler in der Sohle bei kleinen Neigungswinkeln gering sind, während bei den Seigerteufen das Umgekehrte der Fall ist. Wenn also aus einer flachen Länge von starker Neigung die Sohle oder bei geringer Neigung die Seigerteufe berechnet werden soll, so muß der Fallwinkel mit großer Sorgfalt gemessen werden.

Nun wirkt aber der Längenmeßfehler an sich je nach der Größe des Neigungswinkels verschieden auf die söhliche Länge und die Seigerteufe. Nimmt man den Fehler einer Kettenlänge von 10 m zu ± 5 cm an, so ergibt sich sein Einfluß auf die Sohlen- und Seigerteufen aus der folgenden Zahlentafel.

Neigungswinkel °	Einfluß der Längenfehler auf die	
	Sohle \pm cm	Seigerteufe \pm cm
0	5,0	0,0
10	4,9	0,9
20	4,7	1,7
30	4,3	2,5
40	3,8	3,2
45	3,5	3,5
50	3,2	3,8
60	2,5	4,3
70	1,7	4,7
80	0,9	4,9
90	0,0	5,0

Nach der vorstehenden Zahlentafel ist der Einfluß des Längenfehlers auf die Sohle bei horizontaler Schnur am größten und auf die Seigerteufe am kleinsten.

In der Regel sind stets Längen- und Neigungsfehler vorhanden, welche sich addieren. Entnimmt man den beiden Zahlentafeln die entsprechenden Fehler in der Sohle bei einem Neigungswinkel von 45° , so ergibt sich folgende Summe: $+ 3,5 - 6,2$ oder $- 3,5 - 6,2$ oder $+ 3,5 + 6,2$ oder $- 3,5 + 6,2$. Um die Ungewißheit des Vorzeichens zu beseitigen, quadriert man die beiden Summanden und zieht aus der Summe der Quadrate die Wurzel, so daß der Gesamtfehler $\sqrt{(\pm 6,2)^2 + (\pm 3,5)^2} = \pm 7,1$ cm ist.

66. Richtungsfehler. Die Ursache des Richtungsfehlers eines Kompaßzuges liegt einmal in Fehlern und Mängeln des Kompasses selbst, über die auf S. 91—94 Näheres ausgeführt ist, ferner in der Unvollkommenheit der Beobachtungsmethoden und endlich hauptsächlich in der Ungunst der örtlichen Verhältnisse.

Untersucht man einmal die Genauigkeit eines mit dem Kompaß ermittelten Streichwinkels, so ergibt sich etwa folgendes: Die Ableseung der Stellung der Nadel an der Teilung ist höchstens auf $\pm 0,1^\circ$ genau, vorausgesetzt, daß der Einfluß einer etwaigen Exzentrizität der Nadel durch Ableseung an beiden Nadelenden bereits ausgeschaltet ist. Von den Fehlern des Kompasses fallen Kollimations- und Orientierungsfehler bei einem söhlichen Zuge heraus, wenn die Orientierungslinie beobachtet ist, ebenso ist ein Neigungsfehler unschädlich. Bei geneigten Zügen sind die Kollimations- und Neigungsfehler auf Grund der Zahlentafeln S. 92 und 93 einzusetzen.

Eine weitere Bedingung ist die, daß die Hakenlinie des Kompasses genau in der Verbindungslinie der beiden Endpunkte des Zuges liegt. In der Regel ist die Kette nach längerem Gebrauch mehrfach geknickt, wodurch Richtungsfehler der Hakenlinie entstehen, die man auf $0,1-0,2^\circ$ schätzen kann. Der Gesamttrichtungsfehler eines horizontalen Zuges ist demnach etwa $\pm 0,2^\circ$, die dadurch bedingte seitliche Verschwenkung auf 10 m ungefähr $\pm 3\frac{1}{2}$ cm. Werden nun 10 solcher Züge von je 10 m Länge aneinandergereiht, so ergibt sich eine Verschwenkung des Endpunktes der Messung von $\pm 3\frac{1}{2} \sqrt{10} = \pm 11$ cm = rd 1 : 900 der gemessenen Länge. Nach 50 Zügen von insgesamt 500 m Länge beträgt die seitliche Abweichung $3\frac{1}{2} \sqrt{50} = \pm 25$ cm = 1 : 2000 der gemessenen Länge. Bei geneigten Zügen kommen auch die Einflüsse des Kollimations- und Neigungsfehlers in Betracht, wodurch das Ergebnis erheblich ungünstiger werden kann. Die allgemeinen Vorschriften für die Markscheider im Preußischen Staate vom 21. Dezember 1871 lassen eine seitliche Abweichung von höchstens 1 : 500 der gemessenen Länge zu.

67. Ablenkung der Kompaßnadel durch Eisen und elektrische Ströme. Bei der obigen Berechnung der Richtungsfehler ist der Einfluß örtlicher Ablenkung der Magnetnadel durch Eisen oder elektrische Ströme nicht berücksichtigt worden. Nun liegen aber in den Strecken durchweg Gleise, vielfach auch eiserne Kranzplatten, ferner Druckluft- und Spülversatzleitungen, elektrische Kabel usw., welche sämtlich instande sind, die Kompaßnadel abzulenken. In Strecken mit eisernem Ausbau kann die Störung der Magnetnadel so groß sein, daß die Kompaßmessung ganz unbrauchbar wird.

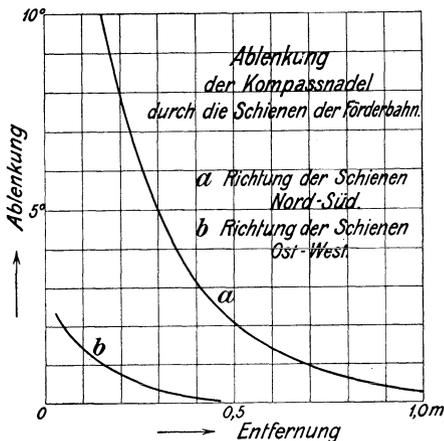


Fig. 113. Ablenkung der Kompaßnadel durch die Förderbahn.

dadurch selbst zu Magneten werden, wobei am Nordende Nordmagnetismus, am Süden Südmagnetismus entsteht. Im allgemeinen wird deshalb die Kompaßnadel in nordsüdlich verlaufenden Strecken stärker abgelenkt werden als in ostwestlichen. Die erdmagnetische Induktion zeigt sich besonders stark an einem genähert vertikal gerichteten Eisenstabe, der, wenn er längere Zeit in seiner Lage verharrt, zu einem starken Magneten werden kann; am stärksten wirkt die Induktion, wenn der Stab im magnetischen Meridian unter dem Winkel der Inklination gegen die Horizontale geneigt ist.

In den Figuren 113 und 114 sind die Ergebnisse einiger Ablenkungsbestimmungen graphisch dargestellt. Die Versuche fanden in der Weise statt, daß zunächst alles Eisen beseitigt und das eisenfreie Streichen einer Linie bestimmt wurde. Nachdem nun das Gleis so hingelegt worden war, daß seine Achse mit der Richtung der Linie genau zusammenfiel, wurde der Kompaß nacheinander 1, 2, 3, . . . Dezimeter über Schienenhöhe aufgehängt und abgelesen. Es ergaben sich dann Unterschiede gegen das eisenfreie Streichen, welche in der Figur 113

Die Größe der Ablenkung, welche die Magnetnadel erfährt, hängt von der Masse des Eisens und von der Entfernung desselben ab. Sie ist im allgemeinen proportional der Eisenmasse, nimmt aber mit dem Quadrate der Entfernung ab, so daß auch verhältnismäßig große eiserne Gegenstände, wie z. B. ein Förderwagen, nicht sehr weit wirken. Von großem Einfluß ist die Richtung der Gleise, indem nordsüdlich verlaufende Schienen durch den Erdmagnetismus induziert und

als Ordinaten aufgetragen sind. Die Versuche fanden in zwei Strecken statt, von denen die eine in der Richtung des magnetischen Meridians, die andere ostwestlich verlief. Aus der Figur geht hervor, daß die Ablenkungen in der Richtung Nord-Süd erheblich stärker sind als in Ost-West. Weiterhin ergibt sich das bemerkenswerte Resultat, daß der Einfluß der Schienen in etwa 1 m Höhe unmerklich wird. Es muß jedoch betont werden, daß die Ablenkung an verschiedenen Stellen des Gleises verschieden stark war, die größten Ablenkungen zeigten sich über den Schienenstößen, welche auf zwei eisernen Schwellen befestigt waren. In der Figur sind die größten Werte der gefundenen Ablenkungen dargestellt worden, so daß die Verhältnisse in vielen praktischen Fällen etwas günstiger liegen können. Natürlich hängt die Größe der Ablenkung auch von dem Schienenprofil ab, die Untersuchungen beziehen sich auf eine 7 kg/m Stahlschiene, wie sie in Abbauörtern zur Anwendung kommt.

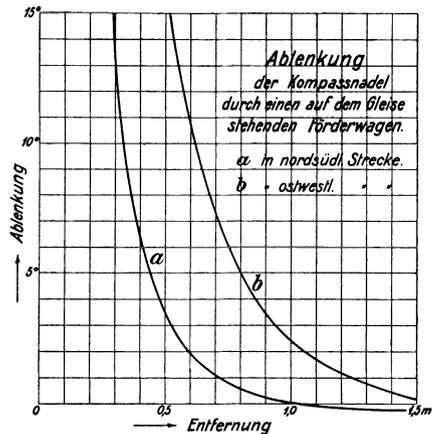


Fig. 114. Ablenkung der Kompaßnadel durch den Förderwagen.

Eine weitere Untersuchung bezog sich auf die Ablenkung der Magnetnadel durch einen auf dem Gleise herangebrachten Förderwagen. In unmittelbarer Nähe desselben zeigte der Kompaß um mehr als 100° falsch, während in $1\frac{1}{2}$ m Entfernung der Einfluß des Wagens von dem der Schienen kaum noch zu trennen war. In der Figur 114 sinkt die in der nordsüdlichen Strecke aufgenommene Kurve bei 1 m unter Null, d. h. die Wirkung der Schienen ist bereits stärker als die des Förderwagens. Der Kompaß hing bei diesem Versuch 0,8 m über dem Gleise. In der ostwestlich verlaufenden Strecke war die Ablenkung naturgemäß am stärksten, weil in dieser Richtung das größte Drehmoment auf die Nadel ausgeübt wird.

Der störende Einfluß von Rohrleitungen ist in den meisten Fällen zu vermeiden, wenn man den Kompaß in der Nähe des den Rohren abgewandten Streckenstoßes an die Kette hängt. Beobachtungen über die Ablenkung der Magnetnadel durch eine Luftdruckleitung von 50 mm (= 2 Zoll) Durchmesser ergaben, daß die Ablenkung der Kompaßnadel bereits in 0,5 m Abstand unmerklich ist.

Der Einfluß elektrischer Ströme auf die Magnetnadel hängt von

sehr vielen Faktoren ab. Wechsel- und Drehstrom mit genügend hoher Periodenzahl wirken fast gar nicht, so bewirkte ein Wechselstrom von 50 Perioden, 14 Ampère und 110 Volt nur dann eine geringe Ablenkung von etwa 1° , wenn der Kompaß unmittelbar an die Leitung herangebracht wurde.

Gleichstrom wirkt nur bei einfachen Leitungen stark in die Ferne, wogegen sich der Einfluß gewickelter Doppelleitungen nur in unmittelbarer Nähe und in geringem Maße bemerkbar macht. Ströme in blanken Drähten lenken stärker ab als solche in eisenarmierten Kabeln, weil sich bei letzteren die magnetischen Kraftlinien in der Eisenarmierung zusammendrängen. Jedoch ist zu beachten, daß eisengepanzerte Leitungen auch dann ablenken, wenn sie stromlos sind.

Im allgemeinen hat eine von einem elektrischen Strome beeinflusste Magnetnadel das Bestreben, sich senkrecht zur Stromrichtung einzustellen. Die Größe der Ablenkung ist außer von der Stromstärke (nicht Spannung) und der Entfernung von der Lage des Kompasses zur Leitung des Stromes abhängig. An seitlich von der Leitung gelegenen Punkten ist der Einfluß geringer als ober- und unterhalb derselben. Die folgende Zusammenstellung enthält die Ergebnisse einiger Beobachtungen:

Ablenkung der Kompaßnadel durch Gleichstrom.

Gewöhnliche Lichtleitung. 1 Ampère (110 Volt). Drähte in Gummiadern.		Leitung für Bogenlampen 20 Ampère (45 Volt). Drähte in Gummiadern.		Eisenarmiertes Kabel.									
				Kompaß seitlich vom Kabel.					Kompaß über dem Kabel 200 Ampère				
Doppelleit. gewickelt.	Einfache Leitung.	Doppelleit. gewickelt.	Einfache Leitung.	Entfernung m	Ohne Strom	10 Ampère	20 Ampère	200 Ampère					
In unmittelbarer Nähe der Leitung $\frac{1}{2}^\circ$.	In unmittelbarer Nähe der Leitung 5° ; in 10 cm Entfernung bereits unmerklich	In 10 cm Entfernung bereits unmerklich	In 10 cm Entfernung 20° ; in 50 cm Entfernung bereits unmerklich	0,1	7°	30°	33°	53°	80°				
				0,2	5	13	14	24					
				0,3	3,5	7	9						
								0,4	2,6	4	6,5	2,5	5
								0,5	1,5	2,7	4,5		
								0,6	1,0	1,6	3,0		
								0,7	0,6	1,1	1,5		
								0,8	0,4	0,7	1,0		
								0,9	0,2	0,4	0,6		
								1,0	0,1	0,2	0,4		

V. Hilfseinrichtungen bei der Anwendung der Magnetnadel im Bereich ablenkender Einflüsse.

68. Allgemeines. Im vorigen Abschnitt wurde gezeigt, daß die Magnetnadel des Kompasses vielfachen Ablenkungen unterliegt, die aber sehr häufig mit Erfolg umgangen werden können. Wenn die Messung jedoch an großen Eisenmassen vorbeiführt, wird sie unbrauchbar. Man kann nun die Ablenkung dadurch unschädlich machen,

daß man die Magnetnadel in bzw. unter oder über den Schnittpunkt zweier aufeinanderfolgender Züge bringt und an dieser Stelle zwei Ablesungen macht, eine für den rückwärts, die andere für den vorwärts gerichteten Zug. Beide Ablesungen sind dann um den gleichen Betrag der an dem Aufhängepunkte bestehenden Ablenkung der Magnetnadel falsch, ihre Differenz ergibt aber den richtigen Schnittwinkel der beiden Schnüre. Das Verfahren setzt voraus, daß in der ganzen Kompaßmessung wenigstens ein Zug eisenfrei ist, von dem aus dann die abgelesenen Streichwinkel der übrigen Züge nacheinander berichtigt werden können.

69. Das Verfahren der Kreuzschnüre. Um den Kompaß unter dem Schnittpunkt zweier Züge aufhängen zu können, spannt man gleichzeitig zwei Meßketten oder Schnüre aus, etwa zwischen AB und BC in der Figur 115 und zwar so, daß sie sich im Punkte B kreuzen.

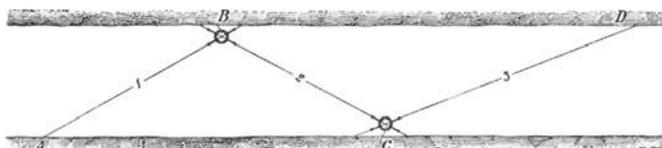


Fig. 115. Anwendung der Kreuzschnüre.

Es sei nun das Streichen des Zuges 1 durch Anhängen des Kompasses in der Nähe des Punktes A, welcher noch eisenfrei liegen möge, zu 70° bestimmt. In der Nähe von B befindet sich bereits viel Eisen. Hängt man nun den Kompaß genau im Punkt B auf und findet beispielsweise das Streichen des Zuges 1 zu 90° , so ist die Ablesung infolge der Ablenkung um 20° zu groß. Um denselben Betrag ist das beobachtete Streichen des Zuges 2 zu verringern, um es auf eisenfreies Streichen zurückzuführen. Hat man in der Richtung BC z. B. 150° abgelesen, so beträgt das von der Ablenkung befreite Streichen $150^\circ - 20^\circ = 130^\circ$. In ähnlicher Weise läßt sich durch zwei Beobachtungen im Punkte C das eisenfreie Streichen des Zuges 3 ableiten usw.

Ist statt des ersten Zuges irgend ein anderer eisenfrei, so rechnet man von diesem aus rückwärts und vorwärts, Bedingung ist nur, daß in der ganzen Messung wenigstens ein eisenfreier Zug vorkommt.

Das Verfahren der Kreuzschnüre liefert keine sehr genauen Resultate, einmal weil die genaue Zentrierung des Kompasses unter dem Schnittpunkt der Züge Schwierigkeiten macht und dann besonders deshalb, weil die Fehlerfortpflanzung ungünstig ist, indem ein einmal begangener Fehler alle nachfolgenden Züge verschwenkt.

Um nun eine genauere Zentrierung zu erreichen als es bei der Anwendung der Kreuzschnüre möglich ist und um das Meßverfahren

zu vereinfachen, sind besondere Hilfsapparate konstruiert worden, die jedoch ihre praktische Bedeutung seit der Einführung handlicher Theodolite fast ganz verloren haben.

Statt der Kreuzschnüre oder anderer Hilfseinrichtungen kann man in Gegenwart von Eisen die im nächsten Absatz beschriebene Bussole benutzen.

70. Die Bussole. Die Bussole ist ein Magnetnadelinstrument, welches im wesentlichen aus einem Kompaß und einem Diopter oder Fernrohr besteht (Fig. 116). Letztere ermöglichen Zielungen von dem Standpunkt des Instrumentes aus, während die zugehörigen Streichwinkel an der mit der Zielvorrichtung zusammen um eine vertikale Achse drehbaren Kompaßteilung abgelesen werden können. Das ganze Instrument ruht mit einem Dreifuß auf dem Teller eines Stativs.



Fig. 116. Bussole. $\frac{1}{3}$ der natürl. Größe.

Bei der Messung wird der Teilkreis zentrisch und horizontal unter einem Punkte des Zuges aufgestellt, das Fernrohr auf den andern Punkt gerichtet und das Streichen des Zuges an der Magnetnadel abgelesen. In eisenfreien Strecken oder an ungestörten Stellen über Tage braucht die Bussole nur unter jedem zweiten Punkte aufgestellt und je eine Rückwärts- und Vorwärts-

zielung genommen zu werden, d. h. man kann in sogenannten Springständen messen, weil die Magnetnadel unmittelbar das eisenfreie Streichen angibt.

In Gegenwart von Eisen ist die Messung mit der Bussole dem Kreuzschnürevorverfahren und der Anwendung von Hilfsapparaten vorzuziehen, weil die Zentrierung genauer erfolgen kann. Das Instrument muß natürlich in jedem Brechpunkt des Linienzuges aufgestellt werden. Andererseits ist der Gebrauch von Instrumenten mit Fernrohr oder Diopter in der Grube immer mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft, namentlich für den ungeübten Beobachter.

VI. Die Zulage eines Kompaßzuges.

71. Allgemeines. Ein Kompaßzug wird nur in ganz außergewöhnlichen Fällen nach Koordinaten berechnet, in der Regel begnügt man sich mit einer graphischen Zulage. Das „Zulegen“ oder Auftragen der Richtungen der einzelnen Züge geschieht mit Hilfe einer Zulegeplatte oder einer Gradscheibe bzw. eines Zulegetransporteurs. Die söhlichen Längen werden in irgend einem Verjüngungsverhältnis, welches bei den Fundamentalrissen (S. 159) 1 : 1000 beträgt, mit Zirkel und Maßstab aufgetragen. Auf Grund der während der Messung entworfenen Handzeichnung wird das Bild vervollständigt. Die der Zulage vorausgehende Berechnung der Sohlen und Seigerteufen erfolgt am leichtesten mit Hilfe besonderer Tabellen.

72. Die Zulage mit der Zulegeplatte. Die Zulegeplatte (Fig. 117) besteht aus einer etwa 20 cm langen und 10 cm breiten Messingplatte mit abgeschrägten Kanten. In der Mitte trägt sie einen Ring, in welchen die aus dem Hängezeug losgelöste Kompaßbüchse so eingesetzt werden kann, daß der Nullpunkt der Kompaßteilung parallel zur Längskante der Platte gerichtet ist. Zu diesem Zweck sind die Kompaßbüchse und der Ring der Zulegeplatte mit je einer Strichmarke versehen, welche aufeinander eingestellt werden können.

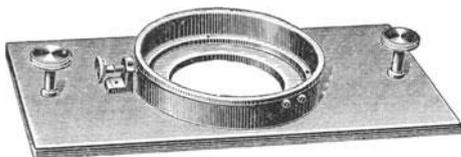


Fig. 117. Ansicht einer Zulegeplatte.
 $\frac{1}{4}$ der natürl. Größe.

Vor der Zulage mit der Zulegeplatte ist der Zeichenbogen zu orientieren, d. h. die auf demselben angegebene Meridianlinie ist in die Richtung des Meridians zu drehen (Fig. 118 links). Zu diesem Zweck legt man die Längskante der Zulegeplatte an die Meridianlinie, löst die Sperrvorrichtung der Magnetnadel und dreht den Zeichenbogen mitsamt der Platte so lange, bis die Nadel den Betrag der mit demselben Kompaß an der Orientierungslinie ermittelten Deklination anzeigt. Nachdem dies der Fall ist, wird der Zeichenbogen festgelegt, so daß er seine Lage während der Dauer der Zulage nicht ändern kann.

Sollte die Messung auf einer Karte zugelegt werden müssen, auf welcher statt des astronomischen Meridians die Orientierungslinie selbst verzeichnet ist, so legt man die Platte parallel zu letzterer und dreht den Zeichenbogen so lange, bis die Nadel das draußen an der Orientierungslinie beobachtete Streichen angibt.

Nach der Orientierung des Zeichenbogens auf einer horizontalen Unterlage beginnt die Zulage der Messung, indem man die Längskante der Zulegeplatte in den Anfangspunkt der Messung legt und

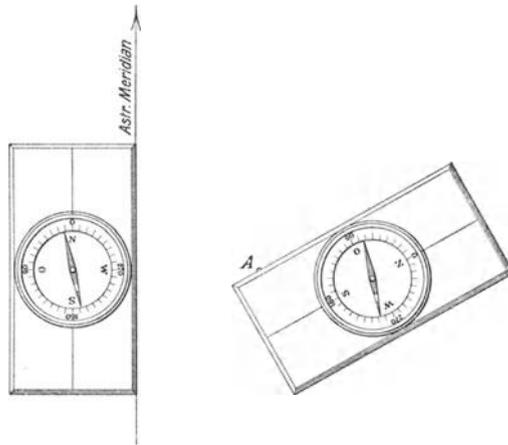


Fig. 118. Zulage mit der Zulegeplatte.
Links: Orientierung des Zeichenbogens.
Rechts: Auftragen eines Streichwinkels.

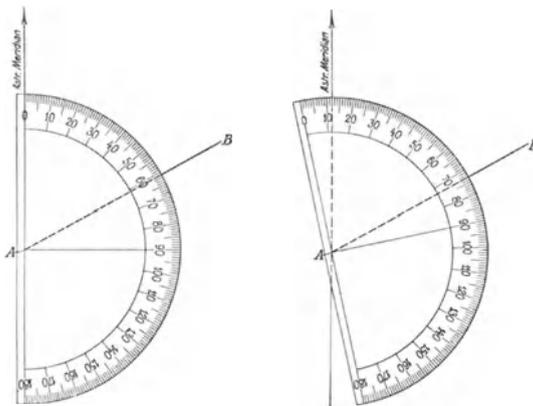


Fig. 119. Zulage mit einer Gradscheibe.
Links: Auftragen des Azimutes. Rechts: Auftragen des Streichwinkels.

die Platte so lange dreht, bis das Nordende der Nadel das beobachtete Streichen des ersten Zuges angibt (Fig. 118 rechts).

Bei der Zulage mit der Zulegeplatte muß alles Eisen ferngehalten werden; da dies jedoch in neueren Gebäuden nur in den seltensten Fällen möglich ist, so wird das Verfahren nur noch vereinzelt angewendet.

73. Die Zulage mit der Gradscheibe. Ein sehr einfaches Hilfsmittel für die Zulage ist die Gradscheibe aus Metall oder Zelluloid; Gradscheiben aus Papier sind für die Zulage von Kompaßmessungen zu ungenau. In der Figur 119 ist das Streichen des ersten Zuges aus dem Beispiel der Kompaßmessung (S. 98 und 99) aufgetragen und zwar vom astronomischen Meridian aus. Infolgedessen muß die De-

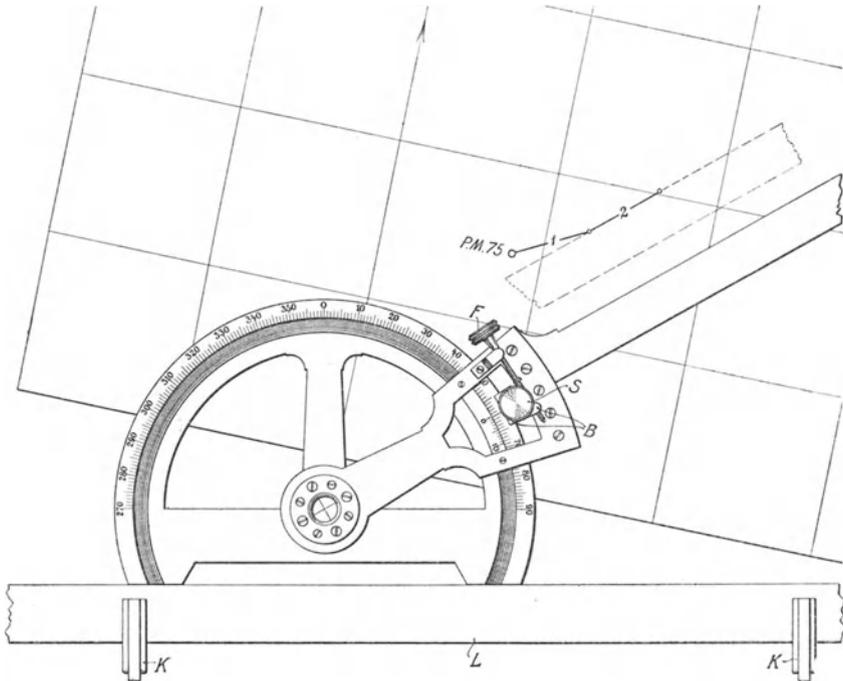


Fig. 120. Zulage mit dem Zulegetransporteur.
 $\frac{1}{4}$ der natürl. Größe.

klinationswinkel rechnerisch oder graphisch abgezogen werden. Den ersten Fall stellt die Figur 119 links dar, indem statt des Streichens 73° nur ein Winkel von 61° zugelegt ist, während in der Figur 119 rechts die Gradscheibe so gedreht ist, daß am astronomischen Meridian der Betrag des Deklinationswinkels 12° erscheint.

74. Die Zulage mit dem Zulegetransporteur. Ein genau arbeitendes Instrument zum Auftragen von Richtungen ist der in der Figur 120 abgebildete Transporteur, mit welchem die Kompaßzüge in der Markscheiderei durchweg zugelegt werden. Er besteht aus einem in Grade und vielfach auch in Stunden geteilten Halbkreis, um dessen Mittelpunkt ein Lineal, die Regel, drehbar ist. Mit der Schraube S läßt sich

das Klemmstück B an dem Teilkreise feststellen, worauf dann die Regel mit Hilfe der Feinstellschraube F noch um kleine Winkel gedreht werden kann. Zur Erhöhung der Genauigkeit der Einstellung bzw. der Ablesung am Teilkreis ist an der Regel statt einer einfachen Strichmarke ein Nonius angebracht, dessen Einrichtung und Gebrauch aus

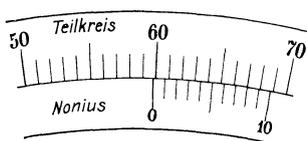


Fig. 121. Ablesung mit Hilfe eines Nonius.

der Figur 121 zu ersehen sind. Der Nullstrich des Nonius steht dort zwischen 59° und 60° , man erhält die Dezimale, wenn man den Strich des Nonius aufsucht, welcher sich mit einem Strich des Teilkreises deckt. In der Figur ist dies der achte Strich, so daß die genaue Ablesung $59,8^{\circ}$ beträgt. Es gibt mannigfache Aus-

führungen von Nonien (vgl. z. B. die Fig. 126, S. 117), das Wesentliche dabei ist immer, daß auf n Striche des Nonius $n-1$ Striche des Teilkreises entfallen.

Zum Gebrauch des Transporteurs wird an der Vorderkante des Zeichentisches zunächst ein 1—2 m langes, gut abgeschliffenes Lineal L mittels zwei Klemmen K fest angeschraubt, an welchem sich der Transporteur verschieben läßt. Dann stellt man die Regel auf den Deklinationswinkel ein und dreht den Zeichenbogen so lange, bis die Meridianlinie parallel zur Längskante der Regel ist. Darauf wird der Zeichenbogen festgelegt, was durch aufgelegte Gewichte geschieht, weil der Zeichenbogen meist nicht durchlöchert werden darf (eine Grubenbildplatte niemals!). Führt man die Regel jetzt auf den Nullstrich des Teilkreises zurück, so ist klar, daß sie die Richtung des magnetischen Meridians angibt und infolgedessen in jeder anderen Einstellung am Teilkreis das Streichen darstellt. Der Zeichenbogen ist jetzt orientiert und die Zulage kann beginnen. In der Figur 120 ist das Streichen $59,8^{\circ}$ eingestellt, welches im 2. Zuge des auf den S. 98 und 99 angeführten Beispiels beobachtet wurde. Nach vollzogener Einstellung verschiebt man den Transporteur am Lineal entlang, bis eine Längskante der Regel durch den Anfangspunkt des Zuges geht und zieht eine scharfe Bleilinie an ihr entlang. Die sölhliche Länge des Zuges wird mit Zirkel und Maßstab aufgetragen.

Bei sehr vielen Transporteuren liegt der Nullstrich der Teilung links, wo in der Figur 270° steht und an der Stelle von 0 befindet sich die Zahl 90. Die in der Figur 120 gewählte Bezifferung entspricht der üblichen Einteilung des Horizontalkreises und ein Grund für eine andere Zählweise ist nicht ersichtlich. In manchen Fällen namentlich bei den Einstellungen in der Nähe von 90° und 270° ist es nicht möglich, mit der Regel an den Anfangspunkt des Zuges heranzukommen. Man verstellt dann die Regel um 90° und legt an ihre Längs-

kante ein Dreieck; es gibt zu diesem Zweck gute eiserne Dreiecke. Die Streichwinkel zwischen 90° und 180° werden vor der Einstellung um 180° vergrößert, die zwischen 180° und 270° um 180° verkleinert und man zieht dann den Bleistrich an der Längskante der Regel nach innen statt nach außen.

75. Die Genauigkeit der Zulage eines Kompaßzuges. Ebenso wie bei der Messung werden auch bei der Zulage eines Kompaßzuges Fehler gemacht, deren Größe von der Güte der benutzten Instrumente und der Sorgfalt des Beobachters abhängt. Man kann wohl sagen, daß die Genauigkeit der Messung ebenso groß ist wie die der Zulage, vorausgesetzt, daß die Magnetnadel nicht durch Eisen abgelenkt wurde. Zur Verminderung der Fehler der Zulage mit dem Transporteur sind folgende Punkte zu beachten:

1. Das Lineal L, an welchem der Transporteur verschoben wird, muß fest angebracht sein.
 2. Die Klemmschraube S ist fest anzuziehen, so daß die Regel sich bei der Parallelverschiebung nicht drehen kann.
 3. Der Zeichenbogen ist genau zu orientieren.
 4. Es sind ein scharfer Bleistift sowie ein guter Zirkel und ein Metallmaßstab zu benutzen.
-

Die Theodolitmessungen.

76. Allgemeines. Die im siebenten Abschnitt besprochenen Kompaßmessungen dienen im allgemeinen nur zur Aufnahme kleiner Teile der Grube, vornehmlich der Nachtragung von Abbaustrecken. Der Grund hierfür liegt in der für die heutigen großen Ausdehnungen eines Bergwerkes unzulänglichen Genauigkeit der Kompaßmessungen. Zudem verdrängen die im neuzeitlichen Bergbau verwendeten großen Eisenmassen und elektrischen Stromleitungen die Magnetnadel immer mehr. An die Stelle der Richtungsbestimmung mit Hilfe der von der Natur gegebenen Richtungskraft des Erdmagnetismus tritt die Winkelmessung mit dem Theodolit. Das Prinzip einer Theodolitmessung sei an dem Vorläufer des Theodolits, der „Eisenscheibe“, erläutert (Fig. 122). Um den Winkel β zwischen den Geraden BA und BC zu messen, bringt man in dem Scheitelpunkt B eine Scheibe an, welche mit einer Gradteilung versehen ist. Von dem Mittelpunkt B der Kreisteilung zieht man eine Schnur nach A und liest ihre Richtung an der Teilung ab; in der Figur beträgt die Ablesung 70° . Darauf zieht man die Schnur nach C und liest wieder ab, etwa 198° . Der Unterschied der beiden Ablesungen ergibt den Winkel $\beta = 198^\circ - 70^\circ = 128^\circ$. Mißt man noch die Längen der beiden Winkel-

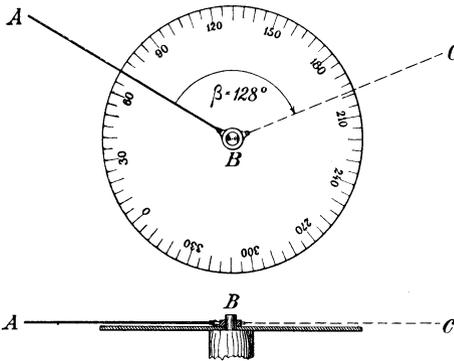


Fig. 122. Eisenscheibe; oben Grundriß, unten Aufriß.

dem Theodolit. Das Prinzip einer Theodolitmessung sei an dem Vorläufer des Theodolits, der „Eisenscheibe“, erläutert (Fig. 122). Um den Winkel β zwischen den Geraden BA und BC zu messen, bringt man in dem Scheitelpunkt B eine Scheibe an, welche mit einer Gradteilung versehen ist. Von dem Mittelpunkt B der Kreisteilung zieht man eine Schnur nach A und liest ihre Richtung an der Teilung ab; in der Figur beträgt die Ablesung 70° . Darauf zieht man die Schnur nach C und liest wieder ab, etwa 198° . Der Unterschied der beiden Ablesungen ergibt den Winkel $\beta = 198^\circ - 70^\circ = 128^\circ$. Mißt man noch die Längen der beiden Winkel-

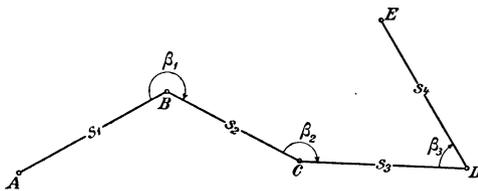


Fig. 123. Polygonzug.

liest ihre Richtung an der Teilung ab; in der Figur beträgt die Ablesung 70° . Darauf zieht man die Schnur nach C und liest wieder ab, etwa 198° . Der Unterschied der beiden Ablesungen ergibt den Winkel $\beta = 198^\circ - 70^\circ = 128^\circ$. Mißt man noch die Längen der beiden Winkel-

schenkel A B und B C, so läßt sich der Linienzug A B C zeichnerisch darstellen. Natürlich kann ein solcher Zug aus vielen Linien bestehen, man nennt ihn dann Polygonzug (Fig. 123), in welchem β_1, β_2 Polygonwinkel oder Brechungswinkel heißen.

Ein solcher Polygonzug ähnelt durchaus einem Kompaßzug. Da aber bei dem letztern die Streichwinkel jeder einzelnen Linie, d. h. die Winkel gegen den magnetischen Meridian, gemessen werden (vgl. Fig. 110), so sind die einzelnen Linien voneinander unabhängig. Beim Polygonzug dagegen schließt jede Linie unmittelbar an die vorhergehende an, so daß eine Linie festgesetzt werden muß, auf die sich die ganze Messung beziehen soll. Wenn der Polygonzug nur einem bestimmten Zweck dient, etwa als Grundlage für eine Durchschlagsangabe zwischen zwei Punkten, die durch den Zug verbunden werden, so kann man von einer beliebigen Linie ausgehen. Dasselbe ist der Fall, wenn die Grubenbaue ohne Rücksicht auf die Tagesoberfläche festgelegt werden sollen.

77. Anschluß der Grubenmessungen an die Tagesmessungen. In den weitaus meisten Fällen sind die Theodolitmessungen in den Gruben aber an die Tagesmessungen anzuschließen, was durch Richtungsübertragung vermittelt Schachtlotungen geschieht. (Sind die Grubenbaue vom Tage aus durch einen Stollen oder tonnlägigen Schacht zugänglich, so kann durch sie in unmittelbarem Anschluß an die Tagesmessung ein Polygonzug gelegt werden.) Über Tage werden zunächst die Koordinaten eines Punktes und der Richtungswinkel einer von letzterem ausgehenden Linie bestimmt. Zu diesem Zweck schneidet man den Punkt in dem gegebenen Koordinatensystem vorwärts, rückwärts oder seitwärts ein. Die Beschreibung der Methoden des Einschneidens, Vorwärtseinschneiden, Rückwärtseinschneiden und Seitwärtseinschneiden, gehen über den Rahmen dieses Buches hinaus. Wir nehmen für die weiteren Betrachtungen an, daß die Koordinaten eines Punktes und der Richtungswinkel einer von ihm ausgehenden Linie bekannt sind. In der Figur 124 sind also bekannt die Koordinaten y_A, x_A des Punktes A und der Richtungswinkel α_1 der Linie A B. Mißt man nun die Brechungswinkel $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ usw., so lassen sich die Richtungswinkel $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$ usw. ableiten. Z. B. ist $\alpha_2 = \alpha_1 + \beta_1 - 180^\circ$, $\alpha_3 = \alpha_2 + \beta_2 - 180^\circ$ oder allgemein: $\alpha_n = \alpha_{n-1} + \beta_{n-1} \pm 180^\circ$. Wenn $\alpha + \beta$ größer als 180° , so wird 180° subtrahiert, im umgekehrten Falle addiert.

Bei der Richtungsübertragung in die Grube hängt man zwei Lote L_1, L_2 in einen Schacht und bestimmt den Richtungswinkel α_5 ihrer Verbindungslinie L_1, L_2 über Tage, indem man den Theodolit in der Verlängerung der Verbindungslinie der beiden Lote aufstellt (Fig. 124) und den Anschlußwinkel β_4 mißt. Werden die Punkte L_1, L_2 genau herabgelotet, so ist der Richtungswinkel der Linie L_1, L_2

unter Tage ebenfalls $= \alpha_5$. Stellt man den Theodolit wieder in der Verlängerung der Linie $L_1 L_2$ in F auf und mißt den Anschlußwinkel β_5 , so ergibt sich der Richtungswinkel der festen Linie $F G$ zu $\alpha_6 = \alpha_5 - 180^\circ + \beta_5$.

In vielen Fällen gestatten die örtlichen Verhältnisse nicht, den Theodolit in der Verlängerung der Verbindungslinie der Lote aufzustellen; es entstehen dann Anschlußdreiecke, in welchen die Winkel

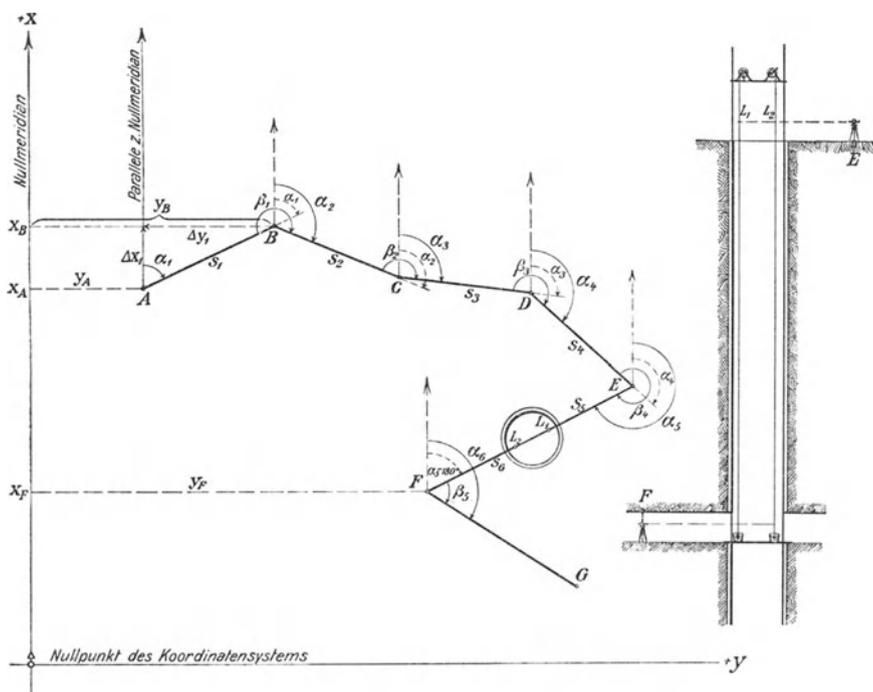


Fig. 124. Anschluß der Grubenmessung an die Tagesmessung durch einen seigeren Schacht.

$L_1 E L_2$ bzw. $L_1 F L_2$ gemessen werden. Im übrigen wird an dem Verfahren nur Unwesentliches geändert. Es sei jedoch bemerkt, daß die Richtungsübertragungen durch einen Schacht wegen der kurzen Lotlinie, an die kilometerlange Grubenmessungen angeschlossen werden, mit äußerster Sorgfalt auszuführen sind und zu den schwierigsten markscheiderischen Messungen gehören.

Für die Schachtlotungen benutzt man dünnen Draht aus Messing, Phosphorbronze oder Stahl und beschwert denselben durch angehängte Gewichte.

Zur zeichnerischen Darstellung oder zur Berechnung der Koordinaten des Polygonzuges ist die Kenntnis der söhnigen Längen s_1, s_2, s_3 usw. der einzelnen Polygonseiten erforderlich. Man bestimmt dieselben durch sorgfältige Längenmessungen mit dem Stahlmeßband (Seite 43). Aus den Richtungswinkeln und Längen lassen sich die Koordinaten der einzelnen Punkte berechnen. Allgemein ergeben sich die Koordinaten des Punktes B (Fig. 124) aus: $y_B = y_A + \Delta y_1$, $x_B = x_A + \Delta x_1$. Da y_A und x_A bekannt sind, so bleiben nur Δy_1 und Δx_1 zu bestimmen. Nun ist $\Delta y_1 = s_1 \cdot \sin \alpha_1$, $\Delta x_1 = s_1 \cdot \cos \alpha_1$ und da s_1 und α_1 bekannt sind, so können Δy_1 und Δx_1 berechnet werden. In derselben Weise bestimmt man aus den gefundenen Koordinaten von B, α_2 und s_2 die Koordinaten des Punktes C usw. und erhält auf diese Weise die Koordinaten der unterirdischen Festpunkte F und G, von denen aus die Messung durch alle Strecken weitergeführt werden kann.

78. Allgemeine Beschreibung des Theodolits. Der Theodolit besteht im wesentlichen aus einem in Grade geteilten Horizontalkreis und einem Fernrohr, welches um die Mittelachse des Kreises drehbar ist und dessen Richtung mittels eines Zeigers an der Teilung des Horizontalkreises abgelesen werden kann. Die Zielungen mit dem Fernrohr ersetzen die bei der Eisenscheibe (Seite 112) gezogenen Schnüre. Die Figur 125 zeigt die Ansicht eines Grubentheodolits¹⁾. H ist der Horizontalkreis oder Limbus bzw. Hauptkreis mit der Gradeinteilung, in dessen hohler Achse sich die massive Achse eines zweiten Kreises Z, der Alhidade, drehen läßt. Auf dem mit einem Zeiger oder Nonius versehenen Alhidadenkreise steht der Fernrohrträger T, in dessen Lagern sich das Fernrohr F mit der Kippachse K kippen läßt. Der Alhidadenkreis kann mittels der Klemmschraube S_z an den Hauptkreis geklemmt und darauf mit Hilfe der Mikrometer- oder Feinstellschraube M_z noch um kleine Winkel gedreht werden. Die Vorrichtung dient zur scharfen Einstellung des Fernrohres auf den Zielpunkt; eine ähnliche Einrichtung haben wir beim Zulege-transporteur (Seite 109) kennen gelernt.

In der Figur 126 ist eine Aufsicht auf Hauptkreis und Alhidade wiedergegeben, aus der die Wirkungsweise der Mikrometerschraube zu ersehen ist. Nachdem die Klemmschraube e_3 angezogen ist, läßt sich die Alhidade mittels der Feinstellschraube f_6 , welche gegen den Zapfen e_4 drückt, und der eine in dem Gehäuse f_7 liegende Spiralfeder entgegenwirkt, gegen den Hauptkreis drehen.

Mit zwei unter einem rechten Winkel zueinander angeordneten Röhrenlibellen, an deren Stelle auch eine Dosenlibelle treten kann, läßt sich Alhidade und Hauptkreis horizontal richten.

¹⁾ Die Fig. 125—130 sind mit Erlaubnis des Herrn A. Fennel der Veröffentlichung: „Geodätische Instrumente. Heft II, Nonien-Theodolite“, Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart 1911, entnommen.

Die Ablesung am Teilkreis erfolgt mit Hilfe von Nonien (f_3 und f_4 , Fig. 126), die durch Vergrößerungsgläser, Lupen (L, Fig. 125), beobachtet werden. Die wesentliche Einrichtung eines Nonius wurde bereits auf Seite 110, Figur 121 besprochen. Der Hauptkreis des Theodolits ist meist in ganze und drittel- oder halbe Grade geteilt, so daß man am Nullstrich des Nonius zunächst die Rohablesung macht, z. B. $73^\circ 20'$. Darauf

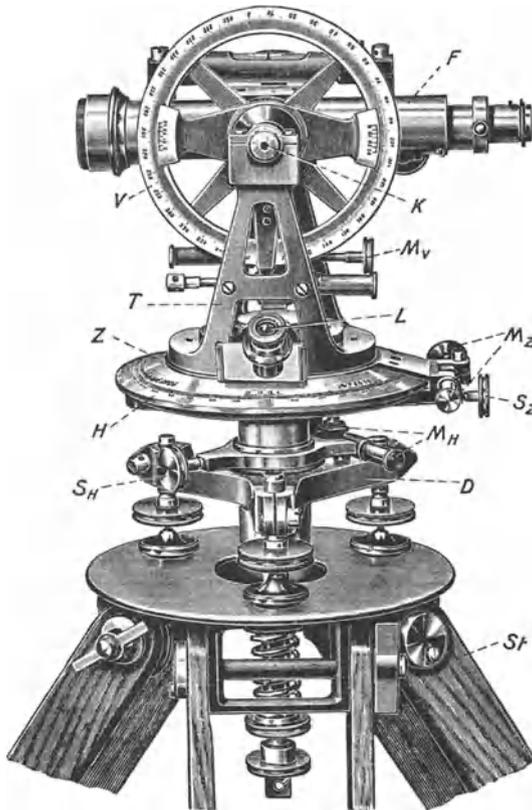


Fig. 125. Repetitionstheodolit ($\frac{1}{4}$ der natürl. Größe).

sieht man weiter zu, welcher Strich des Nonius sich mit einem Teilstrich des Hauptkreises deckt. Addiert man dann die Nonienablesung, z. B. $17'$, zur Rohablesung, so erhält man die genaue Ablesung $73^\circ 37'$, welche durch Schätzung von Bruchteilen einer Minute noch verschärft werden kann. Die Einrichtung der Nonien ist recht mannigfach und dem Ungeübten fällt die Ablesung immer schwer.

An den sogenannten Mikroskoptheodoliten sind statt der Nonien Skalen angebracht, an denen mit Hilfe von Mikroskopen abgelesen wird,

Die Ablesung an Mikroskopen ist im allgemeinen leichter als an Nonien. Andererseits können Mikroskope sehr leicht beschädigt werden.

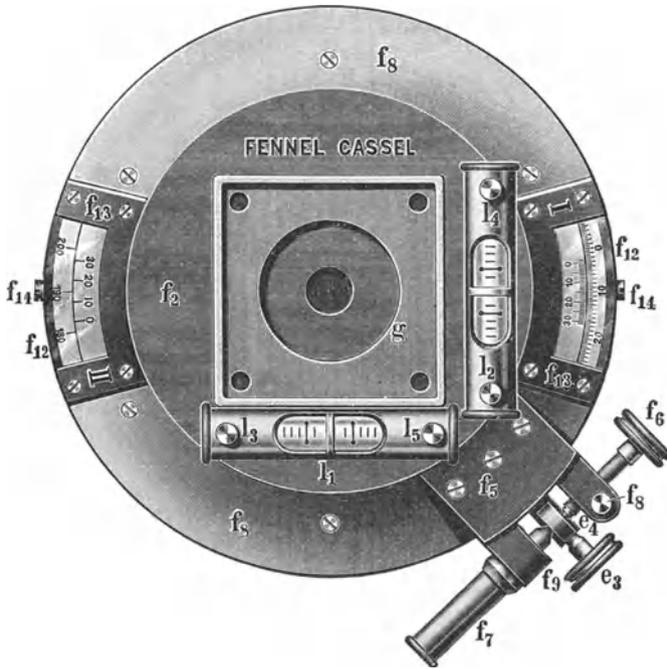


Fig. 126. Aufsicht auf Haupt- und Zeigerkreis eines Theodolits.

Die Ablesungen erfolgen immer an zwei diametral gegenüberliegenden Nonien oder Mikroskopen, weil im Mittel aus beiden Ablesungen der Exzentrizitätsfehler unschädlich gemacht wird, welcher dadurch entsteht, daß die Mittelachse der Alhidade, um die sich der Oberbau des Instrumentes dreht, nicht durch den Mittelpunkt des Hauptkreises geht. Wenn man nun z. B. am Nonius I $3^{\circ} 44' 0''$ und am Nonius II $183^{\circ} 45' 0''$ abgelesen hat, so ist das Mittel $3^{\circ} 44' 30''$ die vom Einfluß des Exzentrizitätsfehlers befreite Ablesung.

Die Einrichtung des Fernrohres ist dieselbe wie bei dem in der Figur 145 im Schnitt dargestellten Nivellierinstrument, nur mit dem Unterschied, daß die Zielachse beim Theodolitfernrohr durch Verschieben des Vertikalfadens mit Hilfe der Schraubchen O_4 und O_5 (Fig. 127) seitlich

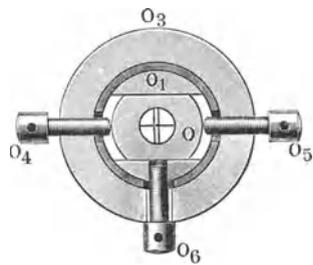


Fig. 127. Fadenblende eines Theodolitfernrohres.

verstellt werden kann. In der Figur sind übrigens zwei Vertikalfäden gezeichnet, zwischen denen sich der Zielpunkt sehr scharf einstellen läßt.

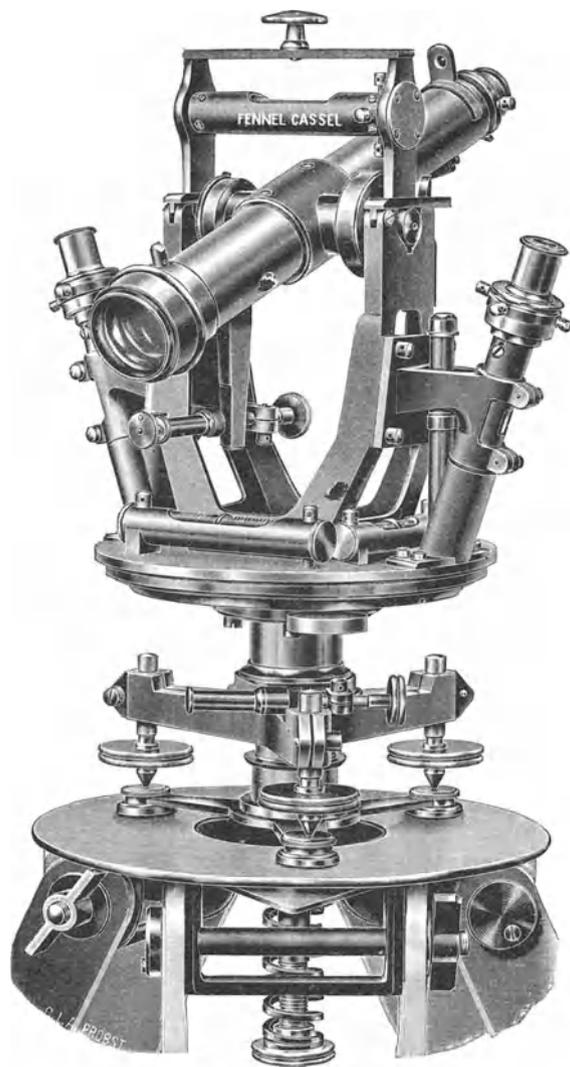


Fig. 128. Repetitionstheodolit mit Skalen-Mikroskopen.
($\frac{2}{5}$ der natürl. Größe.)

Ferner ist das Fernrohr um eine Achse K (Fig. 125) kippbar, so daß geneigte Zielungen eingestellt werden können (vgl. die Fig. 128 und 129). Die Neigungswinkel können dabei an einem Vertikalkreise V (Fig. 125)

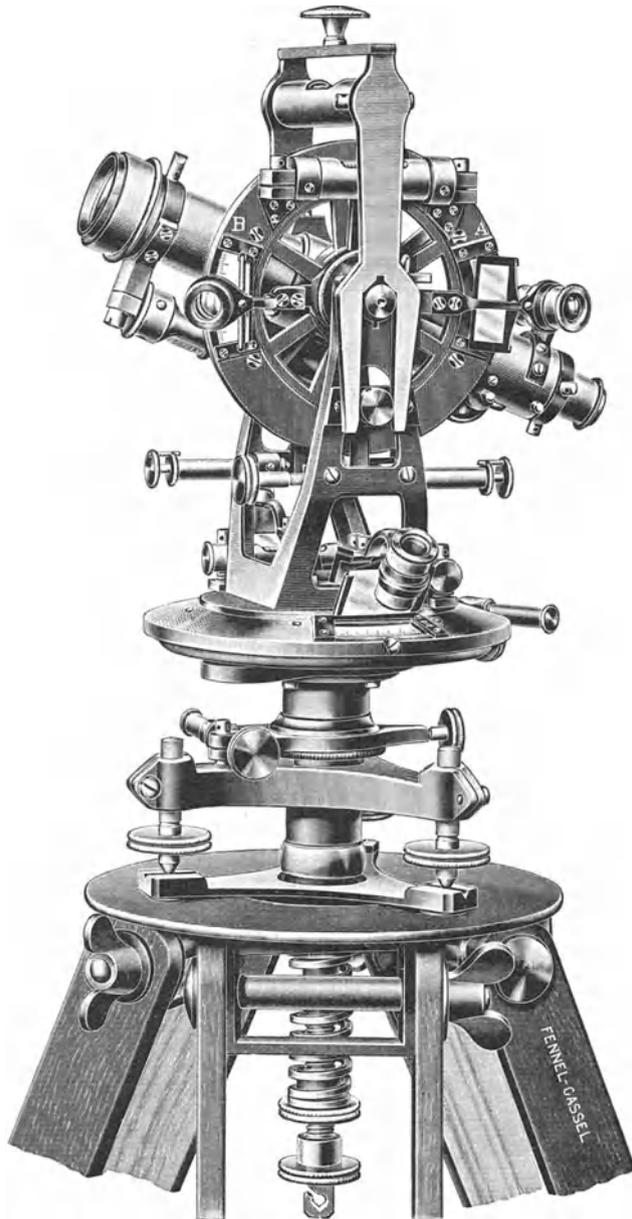


Fig. 129. Repetitions-Grubentheodolit. ($\frac{2}{5}$ der natürl. Größe.)

mit Hilfe von Nonien und Lupen bzw. Mikroskopen abgelesen werden. Parallel zur Zielachse ist auf dem Fernrohrmantel eine Röhrenlibelle

angebracht, mittels welcher die Zielachse horizontal gerichtet werden kann. In dieser Stellung kann der Theodolit auch als Nivellierinstrument benutzt werden.

In der Figur 129 ist die auf Seite 25 erwähnte Reiterlibelle zu sehen, mit deren Hilfe sich die Kippachse des Fernrohres sehr genau horizontal richten läßt.

Bei Messungen in engen Grubenräumen ist es oft sehr schwer oder unmöglich, zwecks Ablesung an beide Nonien heranzukommen. Man benutzt deshalb zweckmäßig einen Repetitionstheodolit, bei dem auch

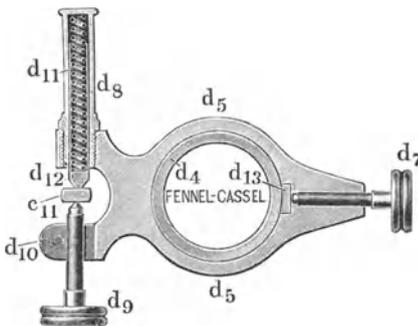


Fig. 130. Schnitt durch den Klemmhebel des Hauptkreises.

der Hauptkreis (H, Fig. 125) verstellbar eingerichtet ist, so daß sich der ganze Oberteil des Instrumentes in einer Büchse des Dreifußes D drehen läßt, ähnlich wie es auf Seite 135 beim Nivellierinstrument zu sehen ist. Die Feststellung des Hauptkreises erfolgt mit der Klemmschraube S_H (Fig. 125), die Feinstellung mittels der Mikrometerschraube M_H , deren Wirkungsweise aus der Figur 130 hervorgeht.

Theodolite, bei denen der Hauptkreis verstellbar ist, heißen Repetitionstheodolite, weil die Messung eines Winkels ohne jedesmalige Ablesung am Teilkreis wiederholt werden kann (siehe das Beispiel Seite 123).

79. Die Aufstellung des Theodolits. In der Figur 125 ist der Theodolit auf einem Stativ aufgestellt. Die Aufstellung in der Grube geschieht in folgender Weise: Zunächst wird in das Ringeisen des Festpunktes, in welchem der Winkel gemessen werden soll, ein gutes Lot gehängt (siehe Fig. 44, S. 32) und darunter das Stativ so aufgestellt, daß sein Teller annähernd horizontal und mitten unter dem Festpunkt steht. Zur Erleichterung der Aufstellung in engen Strecken sind die Beine des Stativs ausziehbar (vgl. die Fig. 148, S. 138). Nachdem die eisernen Schuhe fest eingetreten und die Flügelschrauben angezogen sind, wird der Theodolit auf den Teller des Stativs gestellt und mit der Zentralschraube angeschraubt, wobei das Instrument mit einer Hand festzuhalten ist, damit es nicht herabgestoßen wird. Darauf werden die auf der Alhidade angebrachten Libellen, entweder eine Dosenlibelle oder zwei Röhrenlibellen, mittels der Dreifußschrauben zum Einspielen gebracht. Hiernach verschiebt man das ganze Instrument auf dem Stativ, bis die Spitze des herabhängenden Lotes über der auf dem Fernrohr angebrachten Zentriermarke, einer kleinen Vertiefung oder Spitze, einspielt. Infolge der

Verschiebung werden die Libellen wieder ausgeschlagen sein; man bringt sie abermals zum Einspielen und zentriert wieder. Hat man nach einigen Wiederholungen die vollkommene Horizontierung und Zentrierung erreicht, so wird die Spiralfeder der Zentralschraube angezogen, wobei darauf zu achten ist, daß das Instrument sich nicht verschiebt. Die Spiralfeder darf nicht zu fest geschraubt werden, weil das Instrument leicht in schädliche Spannungen gerät.

Über Tage liegen die Festpunkte durchweg unter dem Instrument. Das Zentrierlot wird dann an den Haken der Zentralschraube (Fig. 125 und 129) gehängt.

Statt eines Statives wird bei der Freiburger Theodolitaufstellung ein Tellerarm benutzt, welcher in Stoßstempel oder quer durch die Strecke geschlagene Spreizen eingeschraubt ist.

Bei sehr steilen Zielungen, die in schwebenden Strecken häufig vorkommen, ist ein Theodolit mit exzentrisch gelagertem Fernrohr im Gebrauch. Die Anwendung ist dieselbe wie beim gewöhnlichen Instrument, nur muß der Winkel unbedingt in beiden Fernrohrlagen gemessen werden, damit der Einfluß der Exzentrizität des Fernrohres herausfällt.

80. Die Fehler des Theodolits. An dem zur Horizontalwinkelmessung fertig aufgestellten Theodolit sollen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Das Fadenkreuz muß scharf erscheinen.
2. Die Achsen der auf der Alhidade angebrachten Libellen müssen rechtwinklig zur Vertikal- oder Stehachse liegen.
3. Die Kippachse soll horizontal, d. h. rechtwinklig zur Vertikalachse sein.
4. Ein Faden soll vertikal bzw. senkrecht zur Kippachse stehen.
5. Die Zielachse des Fernrohres soll rechtwinklig zur Kippachse gerichtet sein.

Betreffs der unter 1, 2 und 4 gestellten Forderungen vergleiche man die Ausführungen über die Berichtigung des einfachen Nivellierinstrumentes, Seite 138, welche in entsprechender Übertragung auch hier Geltung haben.

Die genaue Erfüllung der Bedingungen 3 und 5 ist nicht notwendig, wenn man die Beobachtungsmethode entsprechend wählt. Neigungen der Kippachse und Kollimation der Zielachse (Kollimationsfehler) sind Symmetriefehler, welche bei Beobachtungen eines Winkels in zwei Fernrohrlagen herausfallen. Nach der ersten Messung schlägt man das Fernrohr durch, d. h. kippt es um 180° , wiederholt den Winkel und nimmt aus beiden Messungen das Mittel.

81. Die Ausführung einer Theodolitmessung. Bei der Ausführung einer Theodolitmessung unter Tage werden folgende Instrumente und Apparate gebraucht: Ein Theodolit mit Stativ, 3 Lote, ein Stahlmeßband,

ein Zollstock, 3 Pfriemen, eine helle Lampe zur Ablesung am Teilkreis, wozu neuerdings mit Vorliebe kleine elektrische Lampen benutzt werden, endlich durchsichtiges Papier bei der Beleuchtung der angezielten Lote. Über Tage werden die Zielpunkte mit Fluchtstäben bezeichnet. Außer dem Beobachter sind wenigstens zwei Mann erforderlich.

Der Winkelmessung geht die Punktbezeichnung d. h. die Auswahl und Anbringung geeigneter Festpunkte (S. 30 und 32) voraus, deren Lage und Entfernung in erster Linie durch die örtlichen Verhältnisse bedingt ist. Unter Tage sucht man möglichst feste Gebirgsschichten aus, in denen die Punkte gut halten. Die Längen der Polygonseiten sollen im allgemeinen möglichst groß gewählt werden, unterliegen aber der Bedingung, daß man von einem Punkte zum anderen sehen kann. In Querschlägen und Richtstrecken erreichen die Entfernungen einige hundert Meter, in gewundenen Strecken dagegen bisweilen nur einige Meter. Die Längenmessung geschieht in der auf Seite 44 erläuterten Weise.

Wenn die neue Theodolitmessung an eine frühere angeschlossen werden soll, was in der Regel der Fall ist, so wiederholt man zur Kontrolle etwaiger Punktverschiebungen, die unter Tage sehr häufig vorkommen, zunächst den letzten Winkel der alten Messung. Sind P Q R die drei letzten Festpunkte, so wird der Theodolit in der oben besprochenen Weise unter dem Punkt Q aufgestellt, horizontalisiert und zentriert. In P und R werden Lote gehängt und durch eine hinter die Lotschnüre gehaltene Lampe beleuchtet, wobei man zur Abblendung der direkten Lichtstrahlen zwischen Lampe und Schnur eine Blende aus durchsichtigem Papier, Ölpapier, halten läßt.

Für den Gang der Messung ist es nun von Bedeutung, ob man mit einem einfachen oder einem Repetitionstheodolit beobachtet. Dazu ist zunächst zu bemerken, daß auch der Repetitionstheodolit wie ein einfacher Theodolit gebraucht werden kann, wenn man die untere Klemm- und Mikrometerschraube nicht benutzt. Bei einem einfachen Theodolit gestaltet sich die Winkelmessung in folgender Weise: Nach der Horizontalisierung und Zentrierung des Instrumentes zielt man den rückwärts liegenden Punkt an, klemmt die Alhidade fest und stellt das Fadenkreuz mittels der Mikrometerschraube scharf auf den Lotfaden ein. Darauf liest man an beiden Nonien ab, trägt die gefundenen Werte in das Beobachtungsbuch ein und bildet das Mittel aus beiden Ablesungen. Nachdem dies geschehen, wird die Klemmschraube der Alhidade gelöst und der obere Teil des Instrumentes so weit gedreht, bis das Fernrohr in der Richtung nach dem vorderen Punkt R liegt. Man stellt auch diesen scharf ein, liest abermals an beiden Nonien ab, trägt die neuen Ablesungen ebenfalls in das Beobachtungsbuch und bildet das Mittel. Der Unterschied aus dem Mittel der beiden letzten und der beiden ersten Ablesungen ergibt den Winkel P Q R, welcher aber noch mit den Fehlern

des Theodolits behaftet ist. Zwecks Ausscheidung der Symmetriefehler beobachtet man auch in der 2. Fernrohrlage, indem man das Fernrohr durchschlägt, d. h. um 180° kippt und die Messung wiederholt. Das Mittel aus der ersten und zweiten Fernrohrlage ergibt den richtigen Winkel. Zu einer vollständigen Winkelmessung sind also Beobachtungen in beiden Fernrohrlagen erforderlich. Durch wiederholte Messungen kann die Genauigkeit des Winkels gesteigert werden.

Die Wiederholungsmessung wird durch die Anwendung eines Repetitionstheodolits erleichtert, wobei die Beobachtung in folgender Weise vor sich geht. Nach erfolgter Horizontierung und Zentrierung des Instruments werden die Klemmschrauben des Hauptkreises und der Alhidade gelöst und beide Kreise gegeneinander verschoben, bis am Nonius I der Nullstrich des Hauptkreises erscheint. Hierauf klemmt man

Beispiele einer Winkelmessung.

a) Mit einem einfachen Theodolit.

Standpunkt	Zielpunkt	Ableseungen am Horizontalkreis																		Mittel aus beiden Fernrohrlagen			Einfacher Winkel		
		Fernrohrlage I									Fernrohrlage II														
		Nonius I			Non. II			Mittel			Nonius I			Non. II			Mittel								
		o	'	''	'	''	'''	o	'	''	o	'	''	'	''	'''	o	'	''	o	'	''			
23	22	127	12	0	12	30	127	12	15	307	13	0	12	30	307	12	45	127	12	30	85	37	4		
	24	212	49	30	50	15	212	49	52	32	49	0	49	30	32	49	15	212	49	34					
24	23	15	32	15	32	00	15	32	8	195	31	30	31	30	195	31	30	15	31	49	271	8	45		
	25	286	40	0	40	45	286	40	22	106	40	30	41	0	106	40	45	286	40	34					

b) Mit einem Repetitionstheodolit.

Standpunkt	Zielpunkt	Ableseungen am Horizontalkreis																		Einfacher Winkel					
		Fernrohrlage I									Fernrohrlage II														
		Nonius I			Non. II			Mittel			Nonius I			Non. II			Mittel								
		o	'	''	'	''	'''	o	'	''	o	'	''	'	''	'''	o	'	''	o	'	''			
23	22	0	0	0	0	0	0	0	0												85	37	4		
	24	85	37	0						171	14	0	14	15	171	14	8								
24	23	0	0	0	0	15	0	0	8												271	8	45		
	25	271	8	15						182	17	30	17	45	182	17	38								
																				182	17	30	271	8	45

Die Beispiele sind so gewählt, daß dieselben Winkel herauskommen. Es sei jedoch bemerkt, daß zwischen zwei Messungen desselben Winkels in der Regel Differenzen von mehreren Sekunden vorkommen.

83. Die Berechnung eines Theodolitzuges. Im Gegensatz zum Kompaßzug, der durchweg nur graphisch aufgetragen wird, liefert der Theodolitzug die Unterlagen für die Berechnung der Koordinaten der einzelnen Festpunkte. Hierbei ist zwischen einem angeschlossenen und einem freien Theodolitzuge zu unterscheiden. Über den Anschluß der Polygonmessungen an das Koordinatennetz sowie der Grubenmessungen an die Tagesmessungen ist auf den Seiten 113—115 Näheres gesagt. Während beim angeschlossenen Zuge die Koordinaten des Anfangspunktes und der Richtungswinkel der ersten Polygonseite gegeben sind, kann man die Werte hierfür bei dem freien Theodolitzuge beliebig annehmen und auch gleich Null setzen.

Wir behandeln in dem nachfolgenden Beispiel nur den Fall eines angeschlossenen Zuges. Nachdem die gemessenen Winkel, die Brechungswinkel, in das Berechnungsformular eingetragen sind, leitet man zunächst in der auf Seite 113 besprochenen Weise die Richtungswinkel der neuen Polygonseiten ab, indem man die Brechungswinkel nacheinander zu den Richtungswinkeln der vorliegenden Linien addiert und 180° addiert bzw. subtrahiert. Aus den Richtungswinkeln und den söhnigen Längen werden die Teilkoordinaten mit Logarithmentafeln oder Rechenmaschinen berechnet und nacheinander zu den gegebenen Koordinaten des Anfangspunktes addiert.

eines Theodolitzuges.

Koordinaten		Punkt	Bemerkungen und Handzeichnung
±	Abszisse x		
		22	
—	134 617 53	23	
—	134 605 79	24	
—	134 709 05	25	

Fig. 131. Handzeichnung zum Beispiel des Theodolitzuges.

84. Die Genauigkeit einer Theodolitmessung. Die Genauigkeit einer Winkelmessung mit dem Theodolit hängt in außerordentlich hohem Maße von der Beschaffenheit des Instrumentes, dem Beobachtungsverfahren, der Sorgfalt des Ausführenden und den örtlichen Verhältnissen ab. Eine kritische Würdigung aller in Betracht kommenden Fehlerquellen und der im einzelnen Falle einzuschlagenden Meßverfahren würde hier zu weit führen. Erste Bedingungen für ein gutes Gelingen sind aber scharfe Zentrierung und gute Behandlung des Theodolits. Im übrigen sei bemerkt, daß die Genauigkeit eines unter Tage in jeder Fernrohrlage einmal gemessenen Polygonwinkels etwa $15''$ beträgt. Mit großen Theodoliten, wie sie zu Dreiecksmessungen und astronomischen Bestimmungen benutzt werden, läßt sich die Genauigkeit durch Wiederholungsmessungen bis auf Bruchteile einer Sekunde steigern.

Infolge der unvermeidlicher Fehler, welche den einzelnen Polygonwinkeln anhaften, werden auch die aus den letzteren abgeleiteten Richtungswinkel in gewissem Grade unsicher, und zwar überträgt sich die Unsicherheit eines Richtungswinkels auf alle folgenden. Insofern ist die Fehlerfortpflanzung bei dem Theodolitzuge erheblich ungünstiger als bei der Kompaßmessung, bei der die einzelnen Streichwinkel voneinander unabhängig sind. Wenn die Theodolitmessung dennoch viel besser ist als die Kompaßmessung, so liegt der Grund dafür in der größeren Genauigkeit, mit der ein Winkel mit dem Theodolit gemessen werden kann.

Die Ungenauigkeiten in der Winkelmessung übertragen sich natürlich auf die aus den Richtungswinkeln und Längen berechneten Koordinaten. Dazu kommt der Einfluß der Längenmeßfehler, über die auf den Seiten 45—47 bereits genauere Angaben gemacht sind. Während nun die Winkelmeßfehler eine Verschwenkung des ganzen Polygonzuges hervorrufen, kommen die Längenmeßfehler in einer Parallelverschiebung der einzelnen Züge zum Ausdruck.

Die Allgemeinen Vorschriften für die Markscheider im Preußischen Staate vom 21. Dezember 1871 lassen bei Theodolitzügen eine seitliche Abweichung von 1 : 1500 der gemessenen Länge zu (gegenüber 1 : 500 bei der Kompaßmessung). Bei Angabe von Schächten und Gegenörtern dürfen die Abweichungen in keinem Falle mehr als die Hälfte, gleich 1 : 3000, betragen.

Neunter Abschnitt.

Höhenmessungen.

85. Allgemeines. Unter dem Höhenunterschied zweier Punkte versteht man ihren lotrechten Abstand. Ein Punkt liegt höher als der andere, wenn seine Entfernung vom Erdmittelpunkt größer ist. Liegen zwei Punkte in einer Lotlinie, so ergibt sich ihr Höhenunterschied unmittelbar aus einer einfachen Längenmessung, wie sie z. B. bei der Schachtteufenmessung, Seite 47, besprochen ist. Wenn zwei Punkte jedoch außer in der vertikalen auch in horizontaler Richtung voneinander entfernt sind, so legt man durch einen von ihnen eine Horizontalebene und bestimmt den kürzesten Abstand des zweiten Punktes

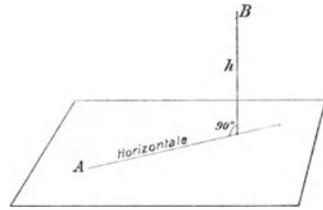


Fig. 132. Höhenunterschied zweier Punkte.

von dieser Ebene. In der Figur 132 sei die Ebene durch A horizontal, dann ist die Länge h des von B auf die Ebene gefällten Lotes gleich dem Höhenunterschied der Punkte A und B. Wenn die Horizontalebene z. B. durch den Fußboden eines Zimmers verkörpert ist, so läßt sich die



Fig. 133. Kanalwage.

Höhe h mit einem Maßstabe leicht messen. In den meisten praktischen Fällen muß die Horizontalebene erst geschaffen werden, z. B. durch die Oberfläche einer Flüssigkeit in der Kanalwage (Fig. 133) oder mit Hilfe einer Libelle (Seite 23).

Die Kanalwage, das einfachste Nivellierinstrument, besteht aus einer Blechröhre von etwa 1 m Länge und 3 cm lichter Weite, die an den

umgebogenen Enden zwei Glaszylinder Z_1 und Z_2 trägt. Vor dem Gebrauch wird die Röhre mit gefärbtem Wasser soweit gefüllt, daß es etwa bis zur halben Höhe der Zylinder reicht. Die ganze Vorrichtung wird entweder in einem der Punkte A und B oder an beliebiger Stelle zwischen beiden (Fig. 134) aufgestellt. Darauf sieht man in beiden Richtungen über die Oberfläche des Wassers hinweg und liest die lotrechten Abstände r und v der Punkte A und B von der so geschaffenen Horizontalebene an Maßstäben ab. $r - v = h$ ist dann der Höhenunterschied der Punkte A und B. Auf diesem Prinzip beruhen die sogenannten geometrischen Nivellements.

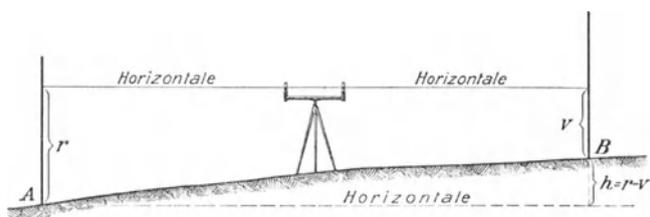


Fig. 134. Einfaches Nivellement aus der Mitte.

Ein anderes Verfahren wird bei dem trigonometrischen Nivellement eingeschlagen, von dem wir in dem Gradbogennivellement bereits eine Ausführungsart kennen gelernt haben. Hier wird der Höhenunterschied, die Seigerteufe, aus der flachen Länge und dem Neigungswinkel berechnet. Bei trigonometrischen Nivellements über Tage wird statt der flachen häufig die söhlige Länge gemessen und bei der Berechnung der Seigerteufe benutzt.

Eine dritte Art, die physikalische Höhenmessung, beruht auf der Abnahme des Luftdrucks mit der Erhebung über dem Erdboden; umgekehrt wird der Luftdruck beim Eindringen in die Tiefen eines Bergwerks höher. Zwischen der Änderung des Barometerstandes und der Höhenänderung besteht eine bekannte Beziehung, bei uns kann man auf 11 m Höhenunterschied einen Millimeter Unterschied im Stand des Barometers rechnen. Indem man nun zu gleicher Zeit den Barometerstand an zwei Punkten beobachtet, kann man deren Höhendifferenz bestimmen.

A. Die geometrischen Nivellements.

I. Übersicht.

86. Der Landeshorizont und das grundlegende Nivellement der Königlich Preussischen Landesaufnahme. Wenn die an verschiedenen Orten ermittelten Höhenzahlen miteinander verglichen werden sollen,

so müssen die Nivellements zusammenhängen bzw. von einem gemeinschaftlichen Punkte ausgehen. Früher hatte jede Provinz, ja fast jede Stadt und jede Zeche ihren eigenen Höhenausgangspunkt. Seit 1878 gilt für ganz Preußen ein an der Berliner Sternwarte festgelegter Normal-Höhenpunkt, dessen Meereshöhe $+ 37,000$ Meter beträgt (Fig. 135). Als Landeshorizont gilt die 37 m unter dem Normalpunkt liegende Niveaufläche, welche als die ruhende Oberfläche der unter dem Festlande fort-



Fig. 135. Normal-Null und Normalhöhenpunkt.

gesetzt gedachten Nordsee angesehen werden kann. Entsprechend der Kugelgestalt der Erde ist die Niveaufläche gekrümmt. Man bezeichnet sie mit Normal-Null (abgekürzt N. N.). Ein Punkt, welcher über Normal-Null liegt, hat eine positive, ein unterhalb liegender eine negative Höhenzahl. Die an der Erdoberfläche gelegenen Punkte haben meist positive Höhenzahlen, z. B. sämtliche Rasenhängebänke der Schachtanlagen im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk, während die Grubenbaue fast ausschließlich unter Normal-Null liegen.

Von dem Normal-Höhenpunkt an der Berliner Sternwarte gehen nun zahlreiche geometrische Nivellements aus, welche von der dem Generalstab unterstehenden trigonometrischen Abteilung der preußischen Landesaufnahme ausgeführt worden sind. Sie erstrecken sich über ganz Preußen und haben Anschluß an die Nivellements der Bundesstaaten, deren Höhenmessungen ebenfalls auf Normal-Null bezogen sind. Die Nivellements folgen durchweg den Chausseen, an denen in regelmäßigen Abständen von 2 km Höhenfestpunkte, bestehend aus Steinen mit eingelassenen Nivellementsnummerbolzen, gesetzt sind (Fig. 136). Die 0,9 m langen Steine bestehen aus Granit und ragen mit ihrem behauenen Teile 0,25 m aus dem Erdboden. Der eigentliche Festpunkt besteht aus einem in den Stein eingelassenen schmiedeeisernen Bolzen, welcher auf seiner Stirnfläche die laufende Nummer des Punktes angibt. Die ermittelten Höhen, über welche Verzeichnisse herausgegeben sind, beziehen sich auf die höchsten Punkte der Bolzenköpfe.

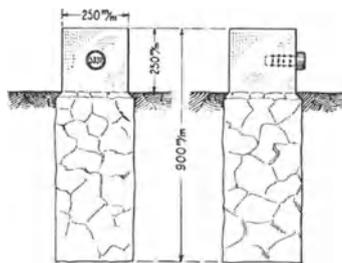


Fig. 136. Nummerbolzen der preußischen Landesaufnahme.

Außer diesen Nummerbolzen sind in Abständen von durchschnittlich 5 km an festen Gebäuden Mauerbolzen eingelassen, die in Gestalt und Größe den Nummerbolzen gleichen, jedoch an Stelle der Nummer die Bezeichnung Niv. P. (Abkürzung für Nivellements-*p*unkt) tragen (Fig. 137).

Endlich sind in Abständen von durchschnittlich 10 km und in möglichster Nähe der Nivellements-Chausseen an besonders festen Gebäuden, namentlich an Kirchen, Höhenmarken angebracht (Fig. 138), welche aus sehr großen gußeisernen Bolzen bestehen. Der aus der Gebäudewand herausragende Kopf trägt die Inschrift: Königlich Preussische Landesaufnahme, Meter über Normal-Null und ferner auf einem auswechselbaren Plättchen die Höhenzahl. Alle durch Höhenmarken oder Mauerbolzen festgelegten Nivellements-*p*unkte gelten als Festpunkte I. Klasse, die Nummerbolzen sind Festpunkte II. Klasse.

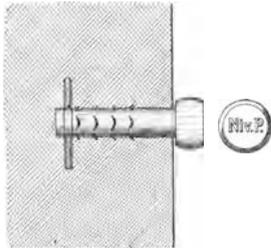


Fig. 137. Mauerbolzen der preussischen Landesaufnahme.

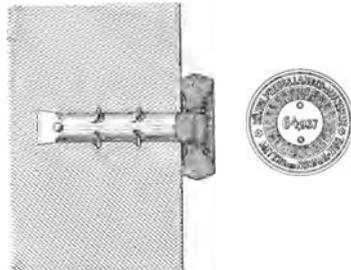


Fig. 138. Höhenmarke der preussischen Landesaufnahme.

Die Nivellements der Königlich Preussischen Landesaufnahme erstrecken sich über ein Gebiet von 430 000 qkm mit zusammen 12 800 Festpunkten, so daß auf etwa 34 qkm ein Festpunkt kommt. Die einzelnen Nivellements-*l*inien laufen in sich zurück, bilden also sogenannte Schleifen. Im ganzen sind 77 Schleifen ausgeführt, deren längste 731 km und deren kürzeste 113 km lang ist, die Gesamtlänge der Schleifen beträgt rund 16 000 km.

Für den Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk kommt die große Schleife in Betracht, welche längs den Chausseen von Burgsteinfurt über Hamm, Hagen, Mühlheim a. Rh., Wesel, Burgsteinfurt verläuft (Fig. 139). Sie wurde in den Jahren 1876—1878 zum ersten Male ausgeführt und 1895 auf den Strecken Hamm—Hagen und Mühlheim—Wesel wiederholt. Einen Einblick in die Leistungsfähigkeit der angewandten Instrumente und Methoden gewährt die Abschlußdifferenz von nur 14 mm, welche man bei der Rückkehr auf den Ausgangspunkt des 367 km langen Zuges erhielt. Der Schlußfehler erhöht sich um 8 mm auf 22 mm, wenn man den Einfluß der Abweichung der Erdoberfläche von der Kugelgestalt berücksichtigt.

Die Nivellements der Landesaufnahme bilden die Grundlage für die Anschlüsse aller weiteren Nivellements innerhalb der großen Schleifen. Unter den Höhenmessungen anderer Behörden, die den Anschluß an das Nivellement der Landesaufnahme ermitteln können, sind die im Höhennetz der Landesaufnahme ausgeglichenen Nivellements



Fig. 139. Nivellementslinien im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbezirk.

des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten zu erwähnen. Sie sind von dem Bureau für die Hauptnivellements und Wasserstandsbeobachtungen ausgeführt worden und begleiten die Wasserstraßen des Preußischen Staates und angrenzender Landesteile. Im Rheinisch-Westfälischen Steinkohlengebiet folgen die unter dem Namen des ersten ausführenden Beamten Seibt bekannten Nivellements dem Rhein, der Ruhr und Lippe, sowie den Kanälen (Fig. 139).

Große Nivellements im Anschluß an die Schleifen der Landesaufnahme werden auch von den Eisenbahn-Verwaltungen ausgeführt. Auf den meisten Bahnhöfen befinden sich Höhentafeln von der in der Figur 140 wiedergegebenen Form; die angegebenen Höhen beziehen sich auf die Oberkante des unter der Tafel angebrachten Bolzens.

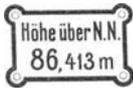


Fig. 140. Höhentafel der preußischen Eisenbahnen.



87. Das Grundnivellement des Königlichen Oberbergamtes in Dortmund und die Nivellements der Zechen. Zur Schaffung einer einheitlichen Grundlage für die Höhenfeststellungen der einzelnen Zechen läßt das Königl. Oberberg-



Fig. 141. Nivellements-bolzen des Königl. Oberbergamtes zu Dortmund.

amt in Dortmund seit dem Jahre 1899 ein Verbindungsnivellement zwischen der östlichen und westlichen Linie der Landesaufnahme ausführen und alle zwei Jahre wiederholen. Das durch den Königl. Oberbergamtsmarkscheider Bimler ausgeführte Nivellement schließt auf dem Höchsten (Fig. 139) an und läuft über Lütgendortmund, Bochum, Buer, Sterkrade nach Dinslaken zum Anschluß an die Linie Duisburg—Wesel der Landesaufnahme. Nach und nach sind die in der Figur 149 weiter eingezeichneten Linien hinzugekommen.

Die Festpunkte des oberbergamtlichen Nivellements bestehen aus Mauerbolzen von der in der Figur 141 wiedergegebenen Form.

An diese Festpunkte schließen die Höhenmessungen der Zechen an, soweit dieselben in der Nähe der Linien des Oberbergamtes liegen. Wo die Entfernungen zu groß sind, wie z. B. im Norden und Osten des Bezirks, sind Anschlüsse an die Nivellements des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten sowie an Höhenfestpunkte der Eisenbahn zugelassen.

Bei den Zechennivellements ist zu unterscheiden zwischen Tages- und Grubennivellements. Die Tagesnivellements, welche im wesentlichen zur Bestimmung der Bodensenkungen durch den unterirdischen Abbau dienen, sind alle zwei Jahre zu wiederholen. Als Festpunkte werden meist nummerierte Mauerbolzen benutzt, außerdem aber Haussockel, Treppenstufen, Durchlässe usw. einnivelliert. Die Grubennivellements erstrecken sich durch alle Hauptquerschläge, Richt- und Sohlenstrecken und werden durch einzementierte Bolzen gesichert. Solche Bolzen werden an den Füllörtern, an Schnittpunkten der Querschläge und Hauptstrecken sowie an blinden Schächten angebracht. Die Verbindung der Tagesnivellements mit den Grubennivellements erfolgt durch die auf Seite 47 besprochene Schachtteufenmessung.

II. Nivellierlatten und Nivellierinstrumente.

a) Die Nivellierlatten.

88. Allgemeine Beschreibung und Prüfung einfacher Nivellierlatten. Die Maßstäbe für die Ablesung der Zielhöhen sind als Latten ausgebildet, welche eine

Einteilung in Meter, Dezimeter und Zentimeter tragen. Latten mit Teilungen auf der Vorder- und Rückseite werden Wende- oder Reversionslatten genannt. Die Länge der Nivellierlatten ist sehr verschieden, über Tage gebraucht man in ebenem Gelände 2 und 3 m-Latten, in hügeliger oder gebirgiger Gegend 4—5 m-Latten. In der Grube werden den örtlichen Verhältnissen entsprechende kürzere Latten von etwa 1½ m Länge gebraucht, die häufig auch ausziehbar sind (Fig. 142). Im allgemeinen sind die Nivellierlatten aus trockenem, mit Öl getränktem Tannen-, Eschen- oder Ahornholz gefertigt, 8—12 cm breit und 2—4 cm dick. Die Stirnseiten sind mit Eisen beschlagen. In den Fi-



Fig. 142.
Nivellierlatte zum
Zusammen-
schieben.

Fig. 143. Einfache Nivellierlatte für Nivellements über Tage.

Fig. 144. Einfache Grubennivellierlatte.

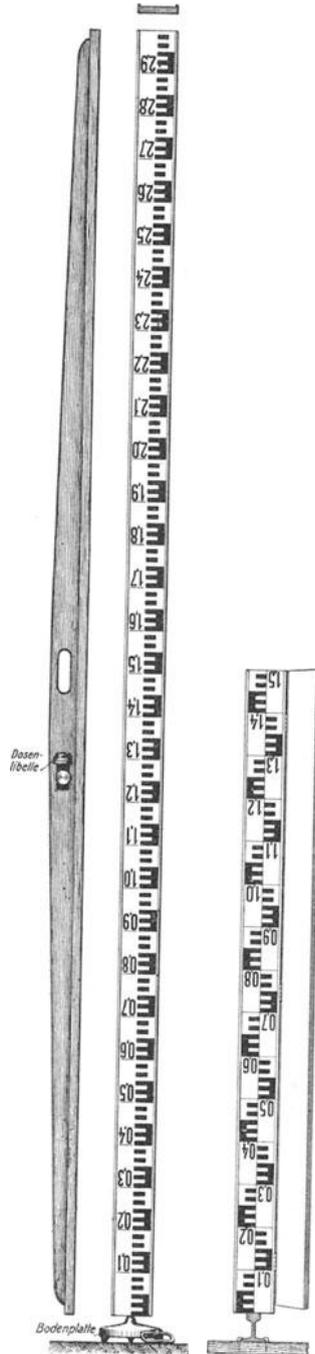


Fig. 143.

Fig. 144.

guren 143 und 144 sind zwei einfache hölzerne Latten abgebildet. Es kommen außerordentlich mannigfache Teilungen vor; meist sind die einzelnen Meter durch abwechselnd weiße und schwarze oder weiße und rote Farbe bezeichnet. Der Beobachter gewöhnt sich bei längerem Gebrauch sehr an eine bestimmte Teilung, und eine neue Form erscheint ihm zunächst unzweckmäßig, nach einigen etwas schwierigen Ablesungen wird sie ihm aber vertraut. Allgemein kann man nur sagen, daß für einfache Nivellements auch eine einfache übersichtliche Lattenteilung am vorteilhaftesten ist.

Insbesondere soll die Unterteilung nicht weiter als Zentimeter getrieben sein, so daß die Millimeter geschätzt werden. Für sehr feine, sogenannte Präzisionsnivellements können Latten mit Halbzentimeter oder gar 2 mm am Platze sein.

Für Grubennivellements sind auch Teilungen auf Glas in Gebrauch, welche von der Rückseite her belichtet werden. Zum Schutz der Teilungen ist neuerdings ein durchsichtiger Zelluloidbelag eingeführt worden.

Große Sorgfalt ist auf die lotrechte Stellung der Latten zu legen, die mit Hilfe einer Dosenlibelle (Fig. 143) herbeigeführt wird. Bei ein spielender Libelle steht die Latte lotrecht, vorausgesetzt, daß die Libelle richtig in der Fassung sitzt. Man prüft dieses, indem man die Latte an eine lotrechte Hauskante hält und einen etwaigen Ausschlag der Blase an den Stellschrauben der Libellenfassung beseitigt. Statt der Libelle kann auch ein Lot seitlich an der Latte befestigt werden.

Eine weitere Bedingung ist die, daß die Latte während der Messung nicht in den Boden einsinkt. Um dies zu verhüten, wählt man feste Aufstellungspunkte aus oder stellt die Latte auf eine Bodenplatte (Fig. 143), die fest in den Boden eingetreten wird.

Die Bodenplatten tragen häufig statt einer kegelförmigen Erhöhung eine kleine Vertiefung, in welche ein am unteren Ende der Latte eingelassener Stollen von etwa 2—3 cm Länge gestellt wird. Bei einer solchen Einrichtung ist die Latte an Festpunkten entweder immer oder nie mit dem Stollen aufzusetzen. In der Grube ist die Bodenplatte entbehrlich, weil die Schienen der Förderbahn feste Aufstellungen ermöglichen.

Die Länge der Latten ändert sich mit der Temperatur und vor allem mit der Feuchtigkeit der Luft, so daß häufige Nachprüfungen notwendig sind, die mit einem Normalmeter (Seite 38) vorgenommen werden können. Zu diesem Zwecke sind auf der Teilung der für Feinnivellements bestimmten Latten in Abständen von je einem Meter mit Teilstrichen versehene Metallplättchen eingelassen, an denen die geringste Längenänderung der Latte gemessen werden kann. Der Einfluß der Feuchtigkeit kann etwa $\frac{1}{2}$ mm pro Meter betragen. Um das Verziehen zu verhindern, werden Nivellierlatten an einem trockenen Orte und hängend aufbewahrt.

b) Die Nivellierinstrumente.

89. Allgemeine Beschreibung der Nivellierinstrumente mit fest verbundenen Teilen. Die wesentlichsten Teile eines Nivellierinstrumentes sind die Libelle und das Fernrohr, von denen die erstere bereits auf den Seiten 23—27 beschrieben wurde. In der Figur 145 ist ein einfaches Nivellierinstrument im Schnitt dargestellt, aus welchem auch

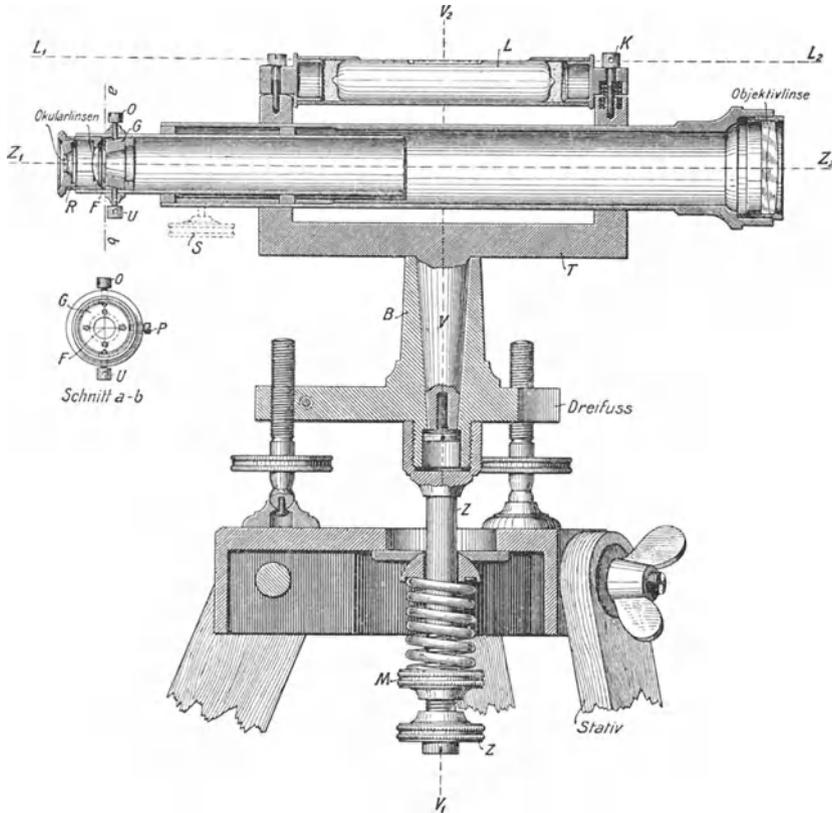


Fig. 145. Schnitt durch ein einfaches Nivellierinstrument mit fest verbundenen Teilen. ($\frac{2}{5}$ der natürl. Größe.)

die Einrichtung des Fernrohres zu ersehen ist. Es besteht aus zwei ineinander verschiebbaren Röhren, von denen die größere an einem Ende die Objektivlinse trägt. Die letztere ist aus zwei Linsen, einer bikonvexen Crown- und einer plankonkaven Flintglaslinse, zusammengesetzt. In der Okularröhre sind zwei plankonvexe Linsen untergebracht, durch welche das von der Objektivlinse entworfene umgekehrte Bild des Gegenstandes mit dem Auge beobachtet wird. Die Okularröhre ist

verschiebbar eingerichtet; je näher ein Gegenstand liegt, desto mehr muß die Röhre durch Drehen der Schraube S, welche in eine Zahnstange greift, herausgeschraubt werden. An der Stelle, wo das Bild erscheint, ist ein auf der Fadenblende G befestigtes Fadenkreuz F angebracht. Es besteht aus dünnen Spinnfäden oder feinen in eine Glasplatte geritzten Linien. Der Abstand der Okularlinsen vom Fadenkreuz kann durch Verschieben der Linsenfassung R verändert und jedem Auge angepaßt werden.

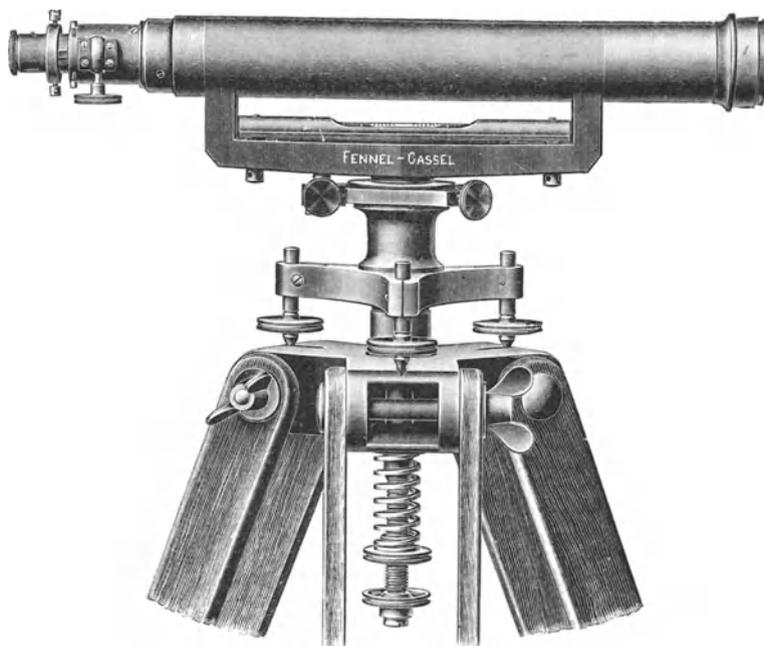


Fig. 146. Ansicht eines einfachen Nivellierinstrumentes mit fest verbundenen Teilen. ($\frac{1}{3}$ der natürl. Größe.)

Die Zielachse Z_1 , Z_2 des Fernrohres wird durch die Verbindungslinie des optischen Mittelpunktes der Objektivlinse mit dem Schnittpunkt des Fadenkreuzes gebildet. Durch Verstellen des letzteren mittels der Schraubchen O und U läßt sich die Zielachse etwas neigen. Ebenso ist die auf dem Fernrohr angebrachte Libelle L mittels der Schraube K verstellbar. Der obere Teil des Instruments läßt sich mittels der Vertikal- oder Umdrehungsachse V in der Büchse B des Dreifußes drehen. Beim Gebrauch wird das ganze Instrument mit dem Dreifuß auf den Teller des Stativs gestellt und angeschraubt.

Die Figur 146 zeigt die Ansicht eines einfachen Nivellierinstrumentes,

bei dem die Libelle des besseren Schutzes wegen unter dem Fernrohr angeordnet ist.

90. Die Aufstellung des Nivellierinstrumentes. Das Nivellierinstrument wird auf ein Stativ gestellt, von dem die Figuren 147 und



Fig. 147. Stativ mit festen Beinen.

148 zwei gebräuchliche Formen zeigen. Das Stativ mit ausziehbaren Beinen (Fig. 148) wird besonders in engen Grubenräumen benutzt. Die Aufstellung des Nivellierinstrumentes geschieht in folgender Weise: Nachdem ein geeigneter Standpunkt gewählt ist, dessen Lage im Gegensatze zur Theodolitaufstellung im allgemeinen beliebig ist, jedoch auf festem Untergrund und möglichst vor direkten Sonnenstrahlen geschützt

sein soll, wird das Stativ so aufgestellt, daß sein Teller genähert horizontal liegt. Darauf tritt man die eisernen Schuhe fest ein und zieht die Flügelschrauben an. Erst dann wird das Instrument auf den Stativteller gestellt und mittels der Zentralschraube Z (Fig. 145) vorsichtig angeschraubt, wobei es mit einer Hand festgehalten werden muß. Hiernach beginnt die Horizontierung, indem man das Fernrohr mit der Libelle

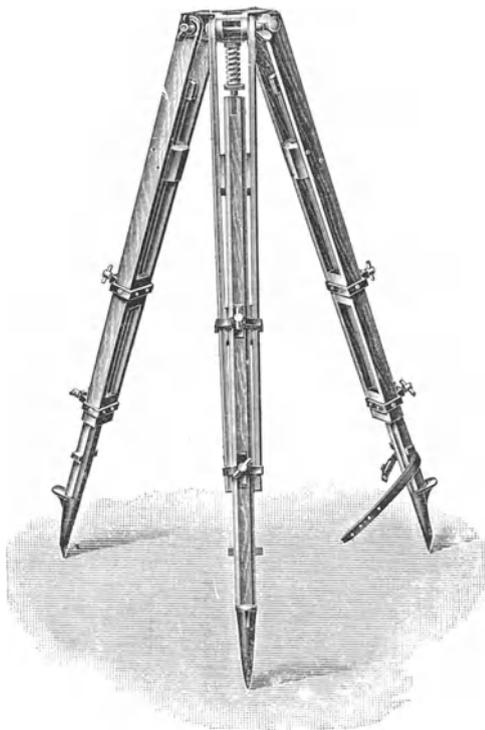


Fig. 148. Stativ mit verstellbaren Beinen.

in die Ebene einer oder zweier Dreifußschrauben dreht (etwa wie in Fig. 146) und die Libelle mittels der letzteren zum Einspielen bringt. Darauf dreht man das Fernrohr um 90° in die Ebene der dritten Fußschraube (wie in Fig. 145) und verstellt nur diese allein, bis die Blase wieder einspielt. Das Verfahren ist so lange zu wiederholen, bis die Libelle in jeder Stellung des Fernrohres einspielt. Hierauf zieht man die Mutter M der Spiralfeder (Fig. 145) vorsichtig an und kontrolliert noch einmal die Stellung der Libellenblase.

91. Prüfung und Berichtigung des einfachen Nivellierinstrumentes. Ein fertig aufgestelltes einfaches Nivellierinstrument,

bei welchem Fernrohr und Libelle mit dem Träger fest verbunden sind, soll folgende Bedingungen erfüllen:

1. Das Fadenkreuz soll scharf erscheinen.
2. Die Libellenachse $L_1 L_2$ soll rechtwinklig zur Vertikalachse $V_1 V_2$ liegen.
3. Der Querfaden des Fadenkreuzes soll horizontal bzw. senkrecht zur Vertikalachse $V_1 V_2$ liegen.
4. Die Zielachse $Z_1 Z_2$ des Fernrohres soll parallel zur Libellenachse $L_1 L_2$ sein.

Zur Prüfung dieser Forderungen stellt man das Instrument an einem ruhigen Orte und möglichst im Schatten auf.

Zu 1. Das Fadenkreuz soll scharf erscheinen. Man richtet das Fernrohr auf einen entfernten gut beleuchteten Gegenstand, indem man die Okularröhre mittels des Zahnradgetriebes so lange verschiebt, bis das Bild des Gegenstandes im Fernrohre scharf erscheint. Es muß dann auch das Fadenkreuz scharf begrenzt und schwarz erscheinen. Ist das nicht der Fall, und verschiebt es sich beim Auf- und Abwärtsbewegen des Auges, so muß das Okular durch vorsichtiges Drehen der Röhre R verstellt werden, bis das Tanzen des Fadenkreuzes aufhört.

Zu 2. Die Libellenachse soll senkrecht zur Vertikal- oder Umdrehungsachse gerichtet sein.—Zur Prüfung hierauf stellt man das Fernrohr parallel zu zwei Schrauben des Dreifußes und bringt die Libelle mit Hilfe dieser Stellschrauben zum Einspielen. Darauf dreht man das Fernrohr um 90° herum, so daß es über der dritten Schraube liegt und stellt mit dieser die Libelle wieder ein. Wenn man jetzt das Fernrohr um 180° herum

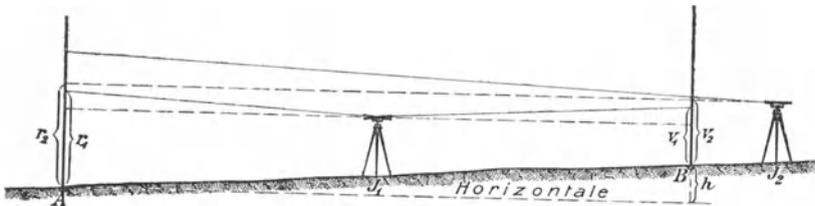


Fig. 149. Prüfung eines Nivellierinstrumentes auf Parallelität der Ziel- und der Libellenachse.

dreht, so daß das Objektiv da zu liegen kommt, wo sich vorher das Okular befand, so darf die Libellenblase nicht ausschlagen. Schlägt sie jedoch aus, so beseitigt man den halben Ausschlag mittels der Richtschraube K der Libelle (Fig. 145) und bringt die Blase mit Hilfe der Stellschraube des Dreifußes genau zum Einspielen. Hierauf dreht man das Fernrohr wieder in die Ebene zweier Dreifußschrauben und beseitigt einen etwaigen Ausschlag nur mittels der letzteren. Das Berichtigungsverfahren ist hiermit einmal erledigt, jedoch empfiehlt sich eine Wiederholung, bei der dann die verbliebenen kleinen Differenzen wie oben beseitigt werden. Wenn die Bedingung: Libellenachse senkrecht zur Umdrehungsachse scharf erfüllt ist, so darf die Blase in keiner Stellung des Fernrohres ausschlagen. Für die praktischen Messungen genügt es, wenn die Forderung etwa bis auf einen Teilstrich genau erfüllt ist, weil man vor jeder Ablesung an der Latte die Libelle mittels der am günstigsten gelegenen Dreifußschraube zum scharfen Einspielen bringt.

Zu 3. Der Querfaden des Fadenkreuzes soll horizontal liegen. — Hierzu stellt man bei einspielender Libelle einen gut beleuchteten festen Punkt, etwa in der Fuge einer Mauer, scharf ein und dreht das Fernrohr

langsam im Horizont, wobei der eingestellte Punkt den Horizontalfaden nicht verlassen darf. Tritt dies aber ein, so muß das Zugrohr des Okulars um seine Längsachse gedreht werden, was mit Hilfe der in einem Schlitz geführten Schraube P (Fig. 145) geschehen kann, indem man sie etwas löst, dann nach oben oder unten drückt und anzieht.

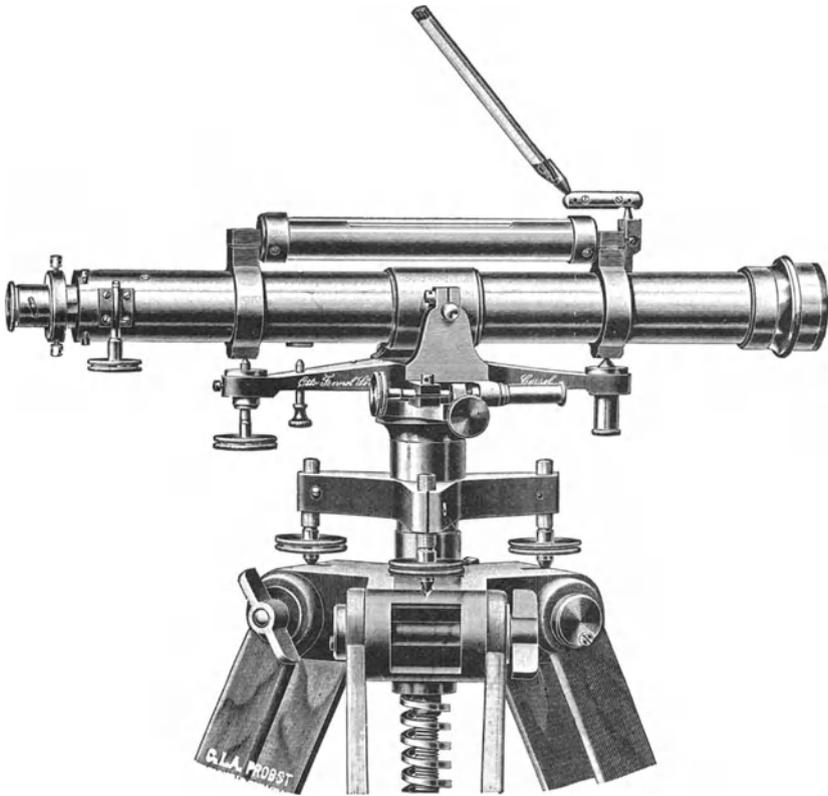


Fig. 150. Nivellierinstrument mit kippbarem Fernrohr und fester Libelle.
($\frac{1}{4}$ der natürl. Größe.)

Zu 4. Die Ziellinie des Fernrohres soll parallel zur Libellenachse sein.— Die Prüfung hierauf erfolgt durch Nivellement aus der Mitte, indem man sich die Tatsache zu nutze macht, daß eine Neigung der Ziellinie bei gleichen Zielweiten unschädlich ist. In der Figur 149 seien A und B zwei feste Punkte auf nahezu ebenem Gelände in etwa 60—80 m Entfernung. Stellt man nun das Nivellierinstrument mitten zwischen die beiden Punkte, so ist klar, daß die Ablesungen in A und B um gleiche Beträge falsch werden. Aus der Differenz $r_1 - v_1$ ergibt sich aber der richtige Höhenunterschied h . Bringt man nun das Instrument in die

Nähe von B, so ist die neue Ablesung v_2 fast fehlerlos, während in A eine falsche Ablesung erscheint. Da der richtige Höhenunterschied von A und B bereits bekannt ist, so läßt sich die Ablesung r_2 , welche man mit einem fehlerfreien Instrumente in A erhalten müßte, im voraus berechnen, denn es ist:

$$\begin{aligned} r_1 - v_1 &= h = r_2 - v_2 \text{ oder} \\ r_2 &= h + v_2. \end{aligned}$$

Beispiel: Vom Standpunkte J_1 aus seien abgelesen: $r_1 = 1,736$ v. $= 1,074$. Dann ist $h = +0,662$ der richtige Höhenunterschied zwischen A und B. In der Instrumentenstellung J_2 sei abgelesen $v_2 = 1,183$. Dann soll die Ablesung in A betragen: $r_2 = 1,845$.

Erscheint an der Latte in A eine andere Ablesung als 1,845 m, so ist die Ziellinie nicht horizontal, und man muß den Horizontalfaden mit Hilfe der Schrauben O und U (Fig. 145) auf die Soll-Ablesung einstellen. Zu diesem Zwecke wird eine Schraube etwas gelöst und darauf die andere vorsichtig angezogen. Das Berichtigungsverfahren ist zu wiederholen.

92. Nivellierinstrumente mit kippbarem Fernrohr und fester Libelle.

In der Figur 150 ist die Ansicht eines Nivellierinstrumentes wiedergegeben, bei welchem das Fernrohr mitsamt der darauf festsitzenden Libelle mit Hilfe einer Kippschraube (in der Figur links) um eine horizontale Achse geneigt werden kann. Die Prüfung und Berichtigung dieses Instrumentes erfolgt in derselben Weise wie bei dem einfachen Nivellierinstrument, nur fällt die 2. Bedingung: Libellenachse senkrecht zur Umdrehungsachse, weg, weil die Libelle bei jeder Zielung mit der Kippschraube zum Einspielen gebracht werden kann, ohne daß sich die Höhe der Zielachse des Fernrohres ändert. In der Figur ist über der Libelle ein schräggestellter Spiegel zu sehen, in welchem der Beobachter die Libellenblase vom Okular aus sehen kann.

93. Nivellierinstrumente mit drehbarem Fernrohr und Wendelibelle (Reversionslibelle). Die Figur 151 zeigt ein Nivellierinstrument, bei welchem das Fernrohr in zwei Lagern ruht und in diesen um seine Längsachse gedreht werden kann. Die Einrichtung der Fernrohrlager ist aus der Figur 152 zu ersehen. Das Fernrohr ist an den Lagerstellen mit zwei Ringen h aus harter Bronze umgeben, die je einen Zapfen tragen, welche sich nach einer Drehung des Fernrohres um 180° gegen eine verstellbare Schraube s legen (s_2 dient zur Feststellung von s). Der Lagerdeckel f_4 läßt sich nach Zurückbiegung der Schnappfeder f_6 aufklappen, so daß das Fernrohr aus den Lagern herausgenommen werden kann.

Die Libelle ist an beiden Seiten geschliffen und geteilt (Wende- oder Reversionslibelle), weil sie nach der Drehung des Fernrohres um 180° oben zu liegen kommt.

Die Nivellierinstrumente mit drehbarem Fernrohr und Reversionslibelle müssen dieselben Bedingungen erfüllen wie die einfachen Nivellier-

instrumente. Man kann sie auch wie die letzteren anwenden, indem man von der Drehung des Fernrohres keinen Gebrauch macht. Soll dasselbe aber in beiden Lagen benutzt werden, so erstreckt sich die Prüfung auf folgende Forderungen:

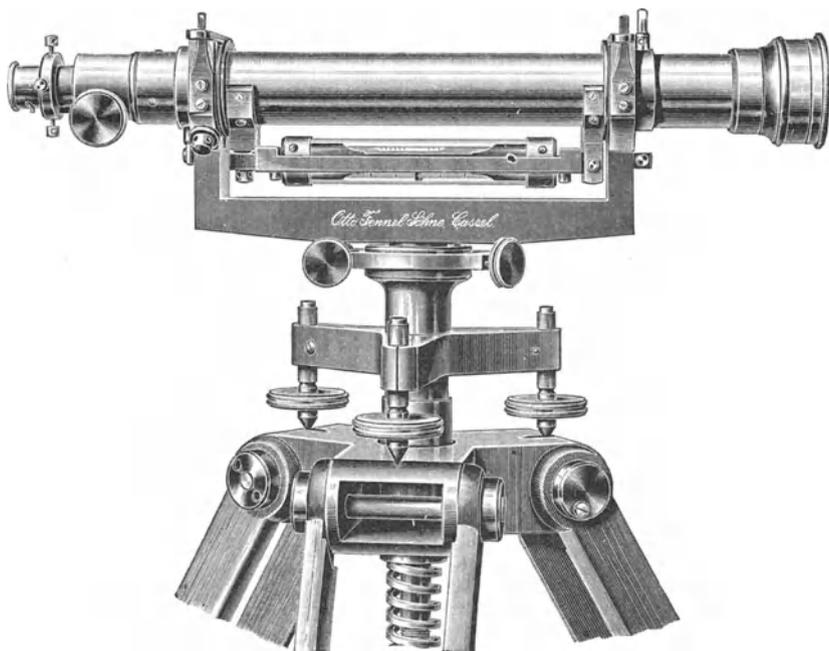


Fig. 151. Nivellierinstrument mit drehbarem Fernrohr und Wendelibelle.
($\frac{1}{4}$ der natürl. Größe.)

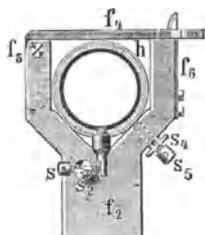


Fig. 152. Lager des drehbaren Fernrohres.

1. Das Fadenkreuz soll scharf erscheinen (Prüfung wie beim einfachen Nivellierinstrument).
2. Die Ziellinie soll mit der Ringachse des Fernrohres zusammenfallen.
3. Die Libellenachse soll parallel sein zur Ringachse des Fernrohres.
4. Die Libellenachse soll rechtwinklig zur vertikalen Umdrehungsachse sein.
5. Ein Faden soll horizontal liegen.

Zu 2. Man stellt den Schnittpunkt des Fadenkreuzes auf einen 50—100 m entfernten, gut beleuchteten Zielpunkt scharf ein und dreht das Fernrohr langsam um seine Längsachse, wobei das Fadenkreuz den eingestellten Punkt nicht verlassen darf. Eine etwaige Abweichung

wird zur Hälfte an den Stellschrauben der Fadenblende (Fig. 145) beseitigt. Darauf stellt man den Zielpunkt mit Hilfe der Dreifußstellschrauben bzw. durch geringe Drehung des Obertheiles um die Vertikalachse von neuem ein und wiederholt das Verfahren, bis die Bedingung vollkommen erfüllt ist.

Zu 3. Die Libellenachse soll parallel zur Ringachse des Fernrohres sein. — Man stellt das Fernrohr über eine Dreifußschraube und bringt die Libelle zum Einspielen. Hierauf dreht man das Fernrohr um seine Längsachse und beobachtet die Libelle wieder. Zeigt sich ein Ausschlag, so wird er zur Hälfte mittels der Berichtigungsschraube der Libelle be-

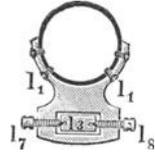


Fig. 153. Seitliche Stellschrauben der Libelle.

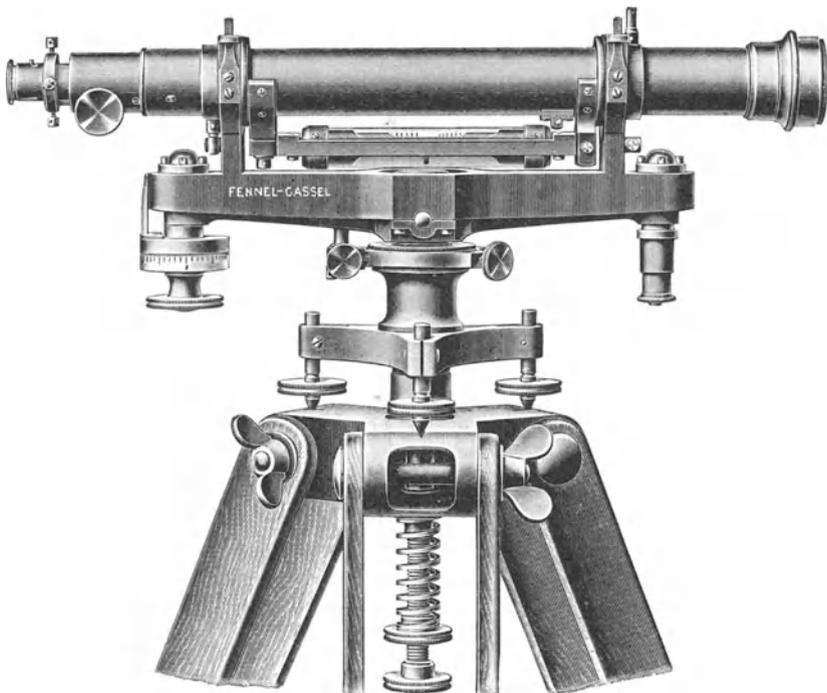


Fig. 154. Nivellierinstrument mit drehbarem Fernrohr, Wendelibelle und Kippschraube. ($\frac{1}{4}$ der natürl. Größe.)

seitigt und hierauf die Blase mit der Dreifußschraube vollends zum Einspielen gebracht. Darauf dreht man das Fernrohr um seine Längsachse so weit, daß die Libelle seitlich zu liegen kommt, und beseitigt einen etwaigen Ausschlag ganz mit Hilfe der jetzt vertikal stehenden Stellschrauben l_7 und l_8 der Libelle (Fig. 153). Das Verfahren ist so lange zu

wiederholen, bis die Libelle oben, unten und seitlich vom Fernrohr einspielt.

Zu 4. Die Libellenachse soll rechtwinklig zur vertikalen Umdrehungsachse sein. — Zur Prüfung hierauf stellt man das Fernrohr über eine Dreifußschraube, bringt die Libelle zum Einspielen und dreht hierauf das Fernrohr um 180^0 im Horizont. Der Ausschlag der Blase wird zur Hälfte mit der Schraube s_5 am Fernrohrträger (Fig. 152) beseitigt und die Libelle mit der Dreifußschraube zum Einspielen gebracht.

Zu 5. Ein Faden soll horizontal liegen. — Man stellt das Instrument genau horizontal, zielt einen gutbeleuchteten Punkt scharf an und dreht das Fernrohr langsam im Horizont. Verläßt der Horizontalfaden hierbei den Zielpunkt, so beseitigt man den Fehler durch Anziehen oder Lüften des Schraubchens s (Fig. 152). Ebenso verfährt man, nachdem das Fernrohr um seine Längsachse gedreht ist, und verstellt erforderlichenfalls den gegenüberliegenden Anschlagstift.

Besitzt ein Nivellierinstrument mit drehbarem Fernrohr und Wendelibelle außerdem eine Kippschraube (Fig. 154), so fällt die unter 4 genannte Bedingung: Libellenachse rechtwinklig zur Umdrehungsachse weg.

III. Die Ausführung und Berechnung geometrischer Nivellements.

94. Allgemeines. In der Figur 134 wurde gezeigt, wie man den Höhenunterschied zweier Punkte durch eine einzige Aufstellung des Instrumentes bestimmt. Die Zielweiten vom Standpunkt bis zur Latte sind nun durch die Leistungsfähigkeit der Instrumente und durch die örtlichen Verhältnisse begrenzt. Selbst bei den besten Nivellierinstrumenten soll man die Visuren im allgemeinen nicht über 50 m lang nehmen, weil sonst die Ablesungen zu ungenau werden. In gebirgiger Gegend sind die Zielweiten dadurch begrenzt, daß die Rückwärtsablesungen sehr bald über die Latte hinweggehen, während man nach vorn auf den Boden sieht.

Liegen nun zwei Punkte A und B (Fig. 155) soweit auseinander, daß ihr Höhenunterschied von einem Standpunkt aus nicht bestimmt werden kann, so schreitet die Messung staffelweise fort, indem man abwechselnd Instrumenten- und Lattenstand ändert. Hieraus ergibt sich das folgende Beobachtungsverfahren: Zunächst wird das Nivellierinstrument in angemessener Entfernung vom Ausgangspunkt der Höhenmessung in der auf Seite 137—138 beschriebenen Weise aufgestellt und horizontiert. Darauf erfolgt die Rückwärtsablesung r_1 und nach Drehen des Fernrohres die Vorwärtsablesung v_1 in dem neuen Lattenstande W_1 , der möglichst so gewählt wird, daß die Zielweiten gleich sind. A, J_1 und W_1 brauchen jedoch keineswegs in einer Richtung zu liegen, da das Fernrohr sich in

einer Horizontalebene drehen läßt. Während nun die Latte in W_1 stehen bleibt, wird das Nivellierinstrument in J_2 aufgestellt und die Ablesung r_2 gemacht, worauf die Latte nach W_2 rückt usw. Die Höhe der Latte darf sich während des Instrumentenwechsels ebensowenig ändern, wie die Horizontale zwischen Rückblick und Vorblick. Man stellt die Latte deshalb an den Wendepunkten W_1, W_2 usw. auf eine Bodenplatte, die fest eingetreten wird (Fig. 143).

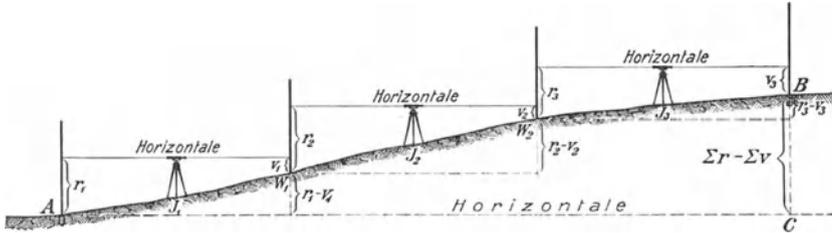


Fig. 155. Zusammengesetztes Nivellement.

Der Höhenunterschied BC der Punkte A und B ergibt sich in der Figur 155 aus der Summe $r_1 - v_1 + r_2 - v_2 + r_3 - v_3 = r_1 + r_2 + r_3 - (v_1 + v_2 + v_3) = \Sigma r - \Sigma v$, d. h. aus der Summe der Rückwärtsablesungen vermindert um die Summe der Vorwärtsablesungen.

Beispiel:	$r_1 = 1,560 \text{ m}$	$v_1 = 0,423 \text{ m}$
	$r_2 = 1,782 \text{ m}$	$v_2 = 0,365 \text{ m}$
	$r_3 = 1,364 \text{ m}$	$v_3 = 0,749 \text{ m}$
	$\Sigma r = 4,706 \text{ m}; \Sigma v = 1,537 \text{ m}$	
	$\Sigma v = 1,537 \text{ m}$	
	$\Sigma r - \Sigma v = + 3,169 \text{ m.}$	

Der Punkt B liegt also $3,169 \text{ m}$ höher als A . Ist die Höhe von A über Normal-Null bekannt, so ergibt sich auch ohne weiteres die Höhenzahl von B bezogen auf $N. N.$ Zur Kontrolle wird jedes Nivellement zweimal ausgeführt und zwar hin und zurück, also von A nach B und von B nach A . Das Mittel aus beiden Beobachtungen wird, wenn die Unterschiede der Einzelergebnisse gewisse Grenzen, die auf Seite 156—157 näher bezeichnet sind, nicht überschreiten, als richtig angesehen. In dem obigen Beispiel ergab das Nivellement von A nach B einen Höhenunterschied von $+ 3,169 \text{ m}$, erhielt man bei der Kontrollmessung $3,165 \text{ m}$, so ist $3,167 \text{ m}$ der richtige Wert.

Wenn unter Tage die Höhe von Firstpunkten, z. B. Theodolitpunkten, Figur 43, bestimmt werden soll, so kann man die Nivellierlatte umdrehen und unter die Firste halten; die Vorwärtsablesung erhält dann aber ein positives Vorzeichen. Umgekehrt wird beim Anschluß an einen Firstpunkt die Rückwärtsablesung negativ. Es gibt Latten, welche

zum Aufhängen eingerichtet sind, jedoch empfiehlt sich ihre Verwendung im allgemeinen für den Anfänger nicht, weil der Vorzeichenwechsel beim Übergang von der Standlatte zur Hängelatte leicht zu Irrtümern führt.

95. Das Festpunkt-Nivellement.

Allgemeines: Unter einem Festpunktnivellement versteht man ein Nivellement, welches nur zur Ermittlung der Höhenzahlen fester Punkte, z. B. von Bolzen, Haussockeln usw. dient. Daneben gibt es Längennivellements, deren Endziel die Bestimmung des Ansteigens eines Weges, einer unterirdischen Strecke ist und ferner Flächennivellements.

Das Festpunktnivellement besteht im wesentlichen aus Rückwärts- und Vorwärtsvisuren, welche in ein Formular eingetragen werden; nur wenn mehrere Punkte nahe zusammenliegen, macht man von einem Instrumentenstande aus mehrere Vorwärtsablesungen, von denen aber

96. Beispiel eines Festpunktnivellements (vgl. hierzu die Fig. 156).
25. November 1911. Vormittags. Bochum. Ermittlung der Höhenzahlen der Bolzen am Bergschulgebäude im Anschluß an den Höhenbolzen Nr. 64 des Königl. Oberbergamtes, Ecke Dorstener-Straße und Vidumestraße an der Wirtschaft Vidume.

Punkt	Lattenablesungen m			Unterschied der Latten- ablesungen m		Höhenzahl des Punktes bezogen auf N. N. m	
	rückwärts	zwischen	vorwärts	steigt	fällt	±	
B ₆₄	0 964				0 753	+	84 765
W ₁			1 717				84 012
W ₂			2 220		1 029		82 983
W ₃	0 861				1 071		81 912
B ₁		1 355			0 432		81 480
W ₄			1 865		0 510		80 970
B ₂	1 998			1 307			82 277
B ₃		0 691			0 012		82 265
B ₄		0 703			0 271		81 994
		0 974			0 420		81 574
			1 394				

nur die letzte in die Spalte „Vorwärts“ des Formulars kommt. Die übrigen „Zwischenablesungen“ schreibt man in die mittlere Spalte, bei der Berechnung werden sie jedoch wie Vorwärtsablesungen behandelt.

Zu einem Festpunktnivellement werden folgende Instrumente gebraucht: Nivellierinstrument mit Stativ, Nivellierlatte und Bodenplatte. Neben dem Beobachter sind wenigstens zwei Mann erforderlich, davon einer zum Halten der Latte, ein zweiter für die Überwachung des Instrumentes und verschiedene Nebenarbeiten, wie Schutz der Libelle vor Sonnenstrahlen durch einen darüber gehaltenen Schirm bzw. unter Tage zum Leuchten und dergl. Das Nivellement geht schneller vorwärts, wenn zwei Latten benutzt werden, weil dann die Zeit gespart wird, welche ein Lattenhalter gebraucht, um vom rückwärtsliegenden Punkte nach dem vorderen zu gehen. Zweckmäßig ist ferner die Verwendung eines Gehilfen, welcher den Lattenträgern die Aufstellungen anweist.

Beobachter: K. Sohnus. Wetter: klar, leichter Wind.

Instrumente: Einfaches Nivellierinstrument von Fennel Nr. 6237, 3 m-Latte von Breithaupt Nr. 224 und Bodenplatte.

Bemerkungen und Handzeichnung.

Punkt	Lattenablesungen m			Unterschied der Latten- ablesungen m		Höhenzahl des Punktes bezogen auf N. N. m	
	rückwärts	zwischen	vorwärts	steigt	fällt	±	
W ₅	1 658						
B ₅			0 732	0 926		+	82 500
	7 595		9 860 7 595	2 233	4 498 2 233	—	84 765
			2 265		2 265	—	2 265
Kontrollnivellement.							
B ₅	0 608				0 903	+	82 500
W ₁			1 511				81 597
	1 335			0 400			
B ₄		0 935		0 271			81 997
B ₃		0 664		0 009			82 268
B ₂		0 655					82 277
W ₂			1 931		1 276		81 001
	1 856	1 372		0 484			81 485
B ₁				0 353			
W ₃			1 019				81 838
	2 051			1 362			
W ₄			0 689				83 200
	2 086			1 048			
W ₅			1 038				84 248
	1 538			0 521			
B ₀₄			1 017			+	84 769
	9 474 7 205		7 205	4 448 2 179	2 179	—	82 500
	2 269			2 269		+	2 269
Aus dem ersten Nivellement:						—	2 265
Unterschied:						+	0 004

Statt bei der Berechnung die Unterschiede zwischen den einzelnen Lattenablesungen bzw. „Steigen“ und „Fallen“ zu bilden, kann man für jeden Instrumentenstand die Höhe der Ziellinie bzw. des Horizontes durch Addition der Rückwärtsablesungen zur Höhe des Punktes bilden und die Vorwärtsablesungen vom Horizonte subtrahieren. Das Verfahren

Bemerkungen und Handzeichnung



Fig. 156. Handzeichnung zum Beispiel des Festpunktnivellements.

vereinfacht die Rechnung bedeutend, wenn viele Zwischenablesungen gemacht sind. Die folgende Berechnung zeigt seine Anwendung auf das obige Beispiel.

Punkt	Lattenablesungen m			Höhe des Punktes be- zogen auf N. N. m			
	rückwärts	zwischen	vorwärts	±	der Ziellinie (Horizont) m	±	
B ₆₄	0 964			+	85 729	+	84 765
W ₁			1 717				84 012
W ₂	1 191		2 220		85 203		82 983
W ₃	0 861		1 932		83 844		81 912
B ₁	0 923	1 355			82 835		81 480
W ₄			1 865				80 970
B ₂	1 998	0 691			82 968		82 277
B ₃		0 703					82 265
B ₄		0 974					81 994
W ₅			1 394				81 574
B ₅	1 658		0 732		83 232	+	82 500
	7 595		9 860			—	84 765
			7 595				
			2 265			—	2 265

97. Das Längennivellement.

Allgemeines. Zur Ermittlung der Steigeverhältnisse eines Weges, einer Eisenbahnlinie und dgl. oder einer Strecke unter Tage führt man ein Längennivellement aus, indem man die Höhe der Mittellinie oder Achse des Profils in gewissen Abständen einnivelliert. Das Streckennivellement unter Tage ist im Anhang, Seite 189 behandelt, hier soll nur an der Hand der Figur 157 das Beispiel eines Wegenivellements erläutert werden. Die Aufnahme besteht aus Längenmessungen und Einwägungen. Sie beginnt mit der „Stationierung“, d. h. der Einteilung der ganzen Wegstrecke in gleiche Abschnitte von etwa 20 m und der Bezeichnung der Teilpunkte durch Holzpflocke oder durch Kreuze, die am besten mit blauem Ölkreidestift gemacht werden, in der Mitte des Weges. Wenn möglich, wird den einzelnen Stationen die Entfernung vom Anfangspunkte der Messung unmittelbar beigeschrieben; im andern Falle erhalten sie laufende Nummern. Die Entfernung der Teilpunkte richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und der verlangten Genauigkeit; sie kann zwischen 10 und 100 m schwanken. In jedem Falle müssen aber alle Brechpunkte des Weges, in denen das Gefälle sich stark ändert, eingemessen und einnivelliert werden, auch wenn sie nicht mit den Teilpunkten zusammenfallen. Am Anfang und am Ende des Weges, bei größeren Aufnahmen auch an weiteren Stellen, werden zur Sicherung des Nivellements Festpunkte wie Steine, Pflöcke oder dgl. einnivelliert. Die Höhen dieser Festpunkte werden unabhängig von dem Längennivelle-

ment entweder vorher oder nachher noch durch ein einfaches Festpunktnivellement ermittelt. Anschluß an Normal-Null ist in der Regel nicht erforderlich. Die Bodenplatte wird nur bei den Wechsellpunkten benutzt; an den Teilpunkten des Weges wird die Latte unmittelbar auf den Erdboden gestellt, und die Ablesung erfolgt nur auf Zentimeter.

98. Beispiel eines Längennivellements.

(Vgl. hierzu die Fig. 157.)

Punkt	Lattenablesungen m			Höhe		Punkt
	rückwärts	zwischen	vorwärts	der Ziellinie (Horizont) m	des Punktes m	
km 3,7	0 910			+ 100 910	+ 100 000	km 3,7
0+ 0		1 23			99 68	0+ 0
20		0 71			100 20	20
40		1 76			99 15	40
60		1 17			99 74	60
80		1 29			99 62	80
1+ 0		1 91			99 00	1+ 0
W ₁			2 003		98 907	
1+20	0 147	1 01		99 054	98 04	20
40		2 30			96 75	40
60		3 95			95 10	60
W ₂			3 924		95 130	
1+80	0 201	1 81		95 331	93 52	80
P ₁		2 736			92 595	P ₁
2+ 0		3 55			91 78	2+ 0
W ₃			3 886		91 445	
2+20	0 053	1 00		91 498	90 50	20
40		2 37			89 13	40
60		3 64			87 86	60
W ₄			3 720		87 778	
2+80	0 316	1 42		88 094	86 67	80
3+ 0		2 39			85 70	3+ 0
P ₂		2 810			85 284	P ₂
20		3 24			84 85	20
40		3 79			84 30	40
W ₅			3 802		84 292	
3+60	1 527	1 74		85 819	84 08	60
80		1 68			84 14	80
4+ 0		1 21			84 61	4+ 0
20		1 08			84 74	20
40		1 06			84 76	40
W ₆			1 125		84 694	
4+60	1 438	1 45		86 132	84 68	60
80		1 58			84 55	80
5+0		1 43			84 70	5+ 0
P ₃			1 406		+ 84 726	P ₃
	4 592		19 866		- 100 000	
			4 592		- 15 274	
			15 274			

99. Auftragung eines Längennivellements und Massenberechnung.

Das vorstehende Längennivellement ist in der Figur 157 im Grundriß und im Profil graphisch dargestellt. Dabei wurden die Höhen in einem zehnfach größeren Maßstabe aufgetragen als die gemessenen Längen, was sich zur Erzielung einer besseren Deutlichkeit immer empfiehlt. Auf Grund

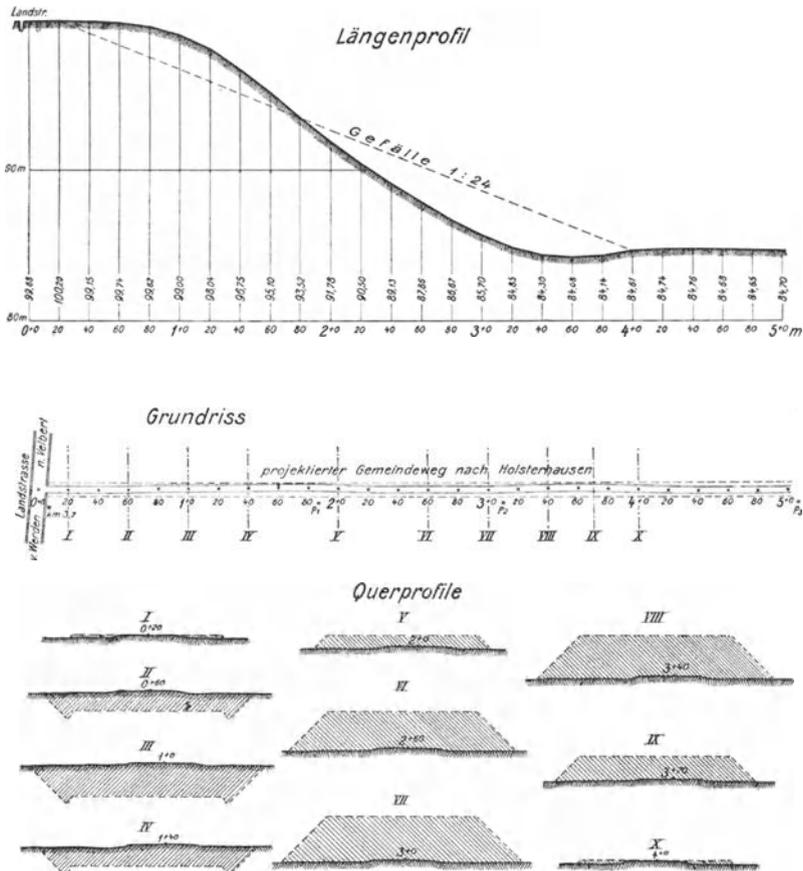


Fig. 157. Längennivellement und Massenberechnung.

des Nivellements ist dann die Trace eines neuen Weges projiziert, der von 0 + 20 an bis 4 + 0 gleichmäßig im Verhältnis 1 : 24 fallen soll. Dadurch wird auf eine Länge von 160 m Abtrag und auf 220 m Auftrag erforderlich. Zum Zwecke der Massenberechnung ist senkrecht zur Achse des projizierten Weges eine Anzahl Querprofile aufgenommen und in demselben Maßstabe wie die Höhen des Längensprofils aufgetragen worden. Die Zahl der erforderlichen Profile hängt von den Gefällever-

hältnissen des früheren Weges und des Geländes überhaupt sowie von der Genauigkeit ab, mit welcher die Massen angegeben werden sollen. Auf verhältnismäßig ebenem Gelände werden die Querprofile in ähnlicher Weise aufgenommen wie das Längenprofil, indem man von der Mitte des Weges aus nach links und rechts die Brechpunkte des Geländes mit dem Meßband horizontal einmißt und darauf einnivelliert. An steilen Hängen oder Böschungen ist der Gebrauch des Staffelzeuges sehr zweckmäßig (siehe Fig. 58, Seite 43).

Die Fläche eines Querprofils ergibt sich nach den allgemeinen Regeln der Flächenberechnung (Seite 62 ff). Zur Massenberechnung bildet man aus den Inhalten zweier benachbarter Querprofile das Mittel und multipliziert diese Zahl mit dem Abstände der Profile.

Zum Teil sind die Massen abzutragen, z. B. aufzufüllen. Aus dem Beispiele der Figur 157 ergibt sich folgende Massenberechnung, wobei die Profile I und X welche nur die Planierung andeuten, unberücksichtigt geblieben sind.

Abtrag.

Profile	Inhalt qm	Abstand m	Kubikinhalt cbm
$\frac{II}{2}$	$\frac{0 + 17,0}{2} = 8,5$	40	340
$\frac{II + III}{2}$	$\frac{17,0 + 30,8}{2} = 23,9$	40	956
$\frac{III + IV}{2}$	$\frac{30,8 + 18,5}{2} = 24,65$	40	986
$\frac{IV}{2}$	$\frac{18,5}{2} = 9,25$	40	370
Summe des Abtrages			2652

Auftrag.

Profile	Inhalt qm	Abstand m	Kubikinhalt cbm
$\frac{V}{2}$	$\frac{8,7}{2} = 4,35$	20	87
$\frac{V + VI}{2}$	$\frac{8,7 + 33,0}{2} = 20,85$	60	1251
$\frac{VI + VII}{2}$	$\frac{33,0 + 39,2}{2} = 36,1$	40	1444
$\frac{VII + VIII}{2}$	$\frac{39,2 + 36,4}{2} = 37,8$	40	1512
$\frac{VIII + IX}{2}$	$\frac{36,4 + 18,7}{2} = 27,55$	30	826
$\frac{IX}{2}$	$\frac{18,7}{2} = 9,35$	30	280

Summe des Auftrages | 5400

100. Das Flächennivellement und die Konstruktion von Höhenkurven.

Allgemeines. Für die Aufstellung von Bebauungsplänen sowie den Entwurf von Kanalisations-, Ent- und Bewässerungsanlagen und dgl. ist eine genaue Kenntnis der Bodengestalt von grundlegender Bedeutung. Man nivelliert zahlreiche Punkte der Fläche, insbesondere an den höchsten und tiefsten Geländelinien, Wasserscheiden, Ein-

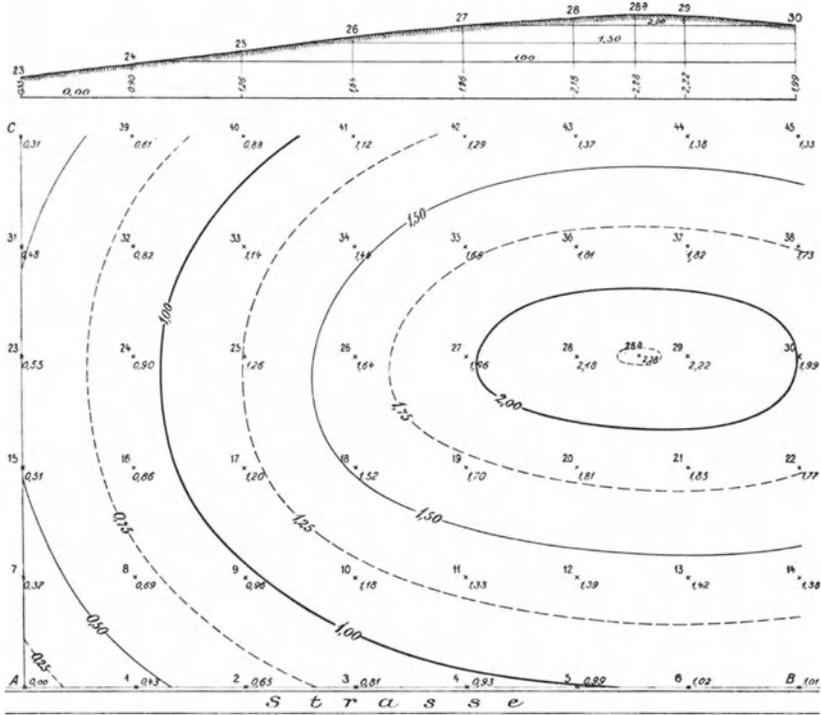


Fig. 158. Konstruktion von Höhenkurven; oben Profil durch die Punkte 23—30.

senkungen, Gefällwechsel, Böschungskanten usw., ein. Die Auswahl der Punkte ist so zu treffen, daß die gerade Verbindungslinie zweier benachbarter Punkte genügend genau mit der Erdoberfläche zusammenfällt, und weiterhin so, daß die einzelnen Punktgruppen ungefähr den Linien des stärksten Gefälles folgen. Außer der Höhe ist demnach auch die Lage der Punkte zu bestimmen. Wenn von dem aufzunehmenden Gelände bereits Karten größeren Maßstabes vorliegen, etwa Katasterpläne mit den Eigentumsgrenzen, so gestaltet sich die Lageaufnahme sehr einfach, indem die Punkte nur gegen die Parzellengrenzen einzu-messen sind.

Bei größeren Parzellen in ziemlich ebenem Gelände legt man der Aufnahme ein Netz paralleler und senkrechter Geraden zugrunde und bestimmt die Höhenzahlen der Schnittpunkte (Fig. 158). Die Maschenweite des Netzes hängt von der Gestalt des Geländes ab, indem bei gleichmäßigen Formen ein weiteres Netz genügt als bei zahlreichen Erhebungen und Senkungen. Jedoch können etwaige zwischen die Maschen des Netzes fallende Brechpunkte der Fläche leicht gegen die Netzlinien eingemessen und ebenfalls einnivelliert werden. Sämtliche Punkte werden fortlaufend numeriert. Auf Grund der Höhenzahlen lassen sich Höhenkurven zeichnen, d. h. Linien, welche Punkte gleicher Höhe verbinden.

Zu diesem Zwecke teilt man die Entfernung zweier Punkte, welche ungefähr in der Richtung des größten Gefälles liegen, proportional den Differenzen ihrer Höhe gegen den Kurvenwert. Z. B. beträgt die Entfernung zwischen den Punkten 24 und 25 (Fig. 158) 15 mm, ihr Höhenunterschied $1,26 - 0,90 = 0,36$ m. Die Kurve 1,00 m geht offenbar zwischen den beiden Punkten durch, und zwar in $\frac{1,00 - 0,90}{1,26 - 0,90} \cdot 15$
 $= \frac{0,10}{0,36} \cdot 15 \text{ mm} = 4 \text{ mm}$ Abstand von Punkt 24 bzw. $\frac{0,26}{0,36} \cdot 15 =$
 11 mm Entfernung von Punkt 25.

Es gibt zahlreiche Vorrichtungen, sogenannte Böschungsmaßstäbe, welche die Konstruktion der Höhenkurven erleichtern.

In der Fig. 158 oben ist ein vertikaler Schnitt durch das Gelände nach der Linie 23—30 dargestellt, aus welchem man ersieht, daß die Höhenkurven Schnittlinien horizontaler Ebenen mit dem Gelände sind.

IV. Die Genauigkeit der geometrischen Nivellements.

101. Allgemeines. Die Genauigkeit der geometrischen Nivellements hängt von der Güte der benutzten Instrumente, insbesondere der Latten, von der Sorgfalt des Beobachters und den Meßmethoden, von den örtlichen Verhältnissen und dem Wetter ab. Die Güte der Instrumente wird in erster Linie durch die Empfindlichkeit der Libellen und die Stärke sowie die Helligkeit des Fernrohres bestimmt. Bei den einfachen Nivellierinstrumenten beträgt die Libellenempfindlichkeit etwa 20'', d. h. einem Einstellungsfehler der Blase von einem Teilstrich entspricht bei 50 m Zielweite ein Ablesefehler von 5 mm. Durch sehr sorgfältige Beobachtung kann man eine Einstellungsgenauigkeit von $\frac{1}{5}$ Teilstrich, entsprechend 1 mm Ablesefehler an der Latte, erreichen. Die zu Präzisionsnivellements benutzten Instrumente besitzen Libellen von etwa 5'' Empfindlichkeit, wodurch die Ablesung der Latte viermal genauer wird. Die Vergrößerung des Fernrohres schwankt zwischen 20- und 40 fach, die Objektivöffnung zwischen $2\frac{1}{2}$ und 4 cm.

Einfache Latten sind durchweg bis auf cm untergeteilt, während die Millimeter geschätzt werden. Bei Präzisionsnivellements sind auch $\frac{1}{2}$ cm- und 2 mm-Teilungen in Gebrauch. Wichtiger als die weitgehende Unterteilung der Latte ist jedoch ihre lotrechte Stellung und die Prüfung ihrer Änderung unter dem Einfluß der Witterungsverhältnisse. Besonders in gebirgigem Gelände kommen die Lattenfehler zur Geltung,

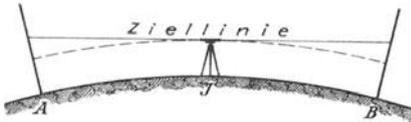


Fig. 159. Einfluß der Erdkrümmung auf die Ablesungen an der Nivellierlatte.

indem sie die Messungsergebnisse einseitig beeinflussen. Bei windigem Wetter ist es schwer, die Latte lotrecht und ruhig zu halten; andererseits zittert an heißen, sonnigen Tagen die Luft außerordentlich stark, so daß das Bild

der Lattenteilung im Fernrohre sehr undeutlich und häufig verzerrt erscheint. Infolgedessen werden Präzisionsnivellements am besten bei klarem Wetter und in den frühen Morgenstunden ausgeführt.

Endlich sei noch des Einflusses der Erdkrümmung gedacht (Fig. 159), welche bei ungleichen Zielweiten auftritt, jedoch durchweg in so geringem Maße, daß sie bei einfachen Nivellements vernachlässigt werden kann.

102. Fehlergrenzen. Die allgemeinen Vorschriften für die Markscheider im Preußischen Staate setzen die Fehlergrenzen eines geometrischen Grubennivellements auf 1 : 20 000 der horizontalen Länge fest, so daß die Differenz zwischen einem je 1000 m langen Hin- und

Rücknivellement $\frac{1}{20\,000} \cdot 1000 \text{ m} = 0,05 \text{ m}$ oder 5 cm betragen darf.

Bei Angabe von Gegenörtern dürfen die Fehler höchstens halb so groß sein.

Die Fehleruntersuchungskommission des Deutschen Markscheidervereins hat folgende

Zahlentafel der zulässigen Höhenfehler in den Haupt-Grubennivellements aufgestellt:

In söhligem Strecken		In schwebenden Strecken.	
Längen m	Zulässige Fehler mm	Flache Längen m	Zulässige Fehler mm
10	10	10	12
50	14	50	20
100	18	100	28
200	24	200	41
300	29	300	53
400	34	400	64
500	38	500	75
600	42	600	85

In söhligen Strecken		In schwebenden Strecken	
Längen m	Zulässige Fehler mm	Flache Längen m	Zulässige Fehler mm
700	46	700	96
800	50	800	106
900	53	900	117
1000	57	1000	127
2000	92		
3000	123		
4000	153		
5000	184		

Über Tage sind die Fehlergrenzen im allgemeinen enger gehalten. Die Vorschriften enthalten darüber nichts, dagegen hat die Fehlerkommission folgende

Zahlentafel der zulässigen Höhenfehler in den Hauptnivelements über Tage angegeben:

Länge m	Zulässige Höhen- fehler mm	Länge m	Zulässige Höhen- fehler mm
100	8	2 000	23
200	9	3 000	30
300	10	4 000	37 -
400	11	5 000	43
500	12	6 000	49
600	13	7 000	55
700	14	8 000	61
800	15	9 000	68
900	15	10 000	74
1000	16		

Die Bestimmungen des Zentral-Direktoriums der Vermessungen im Preußischen Staate vom 12. Januar 1895 über den Anschluß der Nivellements an den Preußischen Landeshorizont bezeichnen ein Nivellement als gut, wenn der mittlere Fehler nicht mehr als 3 mm auf 1 km Länge und noch als brauchbar, wenn derselbe nicht mehr als 5 mm auf 1 km beträgt.

Dabei darf die Differenz zwischen zwei Messungen gleich dem dreifachen mittleren Fehler sein, also bei guten Nivellements auf 1000 m 9 mm, bei noch brauchbaren 15 mm betragen.

Bei den eingangs besprochenen großen Nivellements der Landesaufnahme und des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten sind Genauigkeiten von ± 1 mm auf 1 km erreicht worden.

B. Die trigonometrischen Nivellements.

103. Allgemeines. Bei den trigonometrischen Nivellements werden die Höhenunterschiede zweier Punkte aus dem Neigungswinkel und der Länge ihrer Verbindungslinie oder ihrer söhligen Entfernung berechnet. Das erstere Verfahren wird meist unter Tage in schwebenden Strecken angewendet, wo die söhlige Entfernung nicht gemessen werden kann, und ist beim Gradbogennivellement bereits besprochen worden. Bei Präzisionsmessungen, bei denen die Längen immer mit Stahlmeßbändern bestimmt werden, bedient man sich zur Messung des Neigungswinkels sehr häufig eines mit einem Höhenkreise versehenen Theodolits (Fig. 125 und 129). Die Messung geschieht in derselben Weise wie bei den Horizontalwinkeln, nur daß die Ablesungen jetzt am Höhenkreise erfolgen. Der Theodolit ist wie gewöhnlich zu zentrieren und zu horizontieren, wobei in stark geneigten Strecken eine Reiterlibelle (Fig. 129) sehr zweckmäßig ist.

Über Tage sind die Höhenwinkelmessungen in der markscheidenden Praxis ziemlich selten; wo sie ausgeführt werden, geschieht es meist zur Lösung einzelner Aufgaben, z. B. zur Bestimmung der Höhe eines Schornsteins, zu astronomischen Messungen und dgl. Dagegen hat die trigonometrische Abteilung der Preußischen Landesaufnahme in Verbindung mit ihren Dreiecksmessungen ausgedehnte trigonometrische Nivellements ausgeführt, welche die Grundlage für die Höhenangaben auf den Meßtischblättern und Generalstabskarten bilden. Die trigonometrischen Nivellements sind durchweg ungenauer als die geometrischen Nivellements und die auf den oben genannten Karten angegebenen Zahlen immer um einige Dezimeter unsicher, so daß sie zum Anschluß geometrischer Höhenmessungen nicht benutzt werden können. Hierzu dienen vielmehr die auf den Seiten 128 ff. besprochenen Nivellements.

Zehnter Abschnitt.

Grubenbilder und andere bergmännische Karten.

I. Grubenbilder.

104. Allgemeines. Unter einem Grubenbild versteht man ein Kartenwerk, auf welchem die Feldesgrenzen, die wesentlichen Tagesanlagen und sämtliche unterirdischen Strecken und Abbaue auf Grund markscheiderischer Vermessungen dargestellt sind. Das Grubenbild bildet die Unterlage für die Inangriffnahme und Fortführung des bergmännischen Betriebes, sowie dessen Überwachung durch die Bergbehörde. Infolgedessen fordern die Berggesetze durchweg die Anfertigung und fortlaufende Ergänzung von Grubenbildern. Im allgemeinen preussischen Berggesetz sind darüber folgende Bestimmungen enthalten:

§ 72. „Der Bergwerksbesitzer hat auf seine Kosten ein Grubenbild in zwei Exemplaren durch einen konzessionierten Markscheider anfertigen und regelmäßig nachtragen zu lassen.

In welchen Zeitabschnitten die Nachtragung stattfinden muß, wird durch das Oberbergamt vorgeschrieben.

Das eine Exemplar des Grubenbildes ist an die Bergbehörde zum Gebrauch derselben abzuliefern, das andere auf dem Bergwerke, oder, falls es daselbst an einem geeigneten Orte fehlt, bei dem Betriebsführer aufzubewahren.

Die Einsicht des bei der Bergbehörde befindlichen Exemplares steht demjenigen zu, welcher einen Schadenersatzanspruch erheben will, wenn er einen solchen Anspruch der Bergbehörde glaubhaft macht. Dem Bergwerksbesitzer soll Gelegenheit gegeben werden, bei dieser Einsichtnahme zugegen zu sein.“

105. Zulege- oder Fundamentalrisse. Die Zulage der markscheiderischen Messungen, nach denen das Grubenbild angefertigt wird, erfolgt auf Zulege- oder Fundamentalrissen. Dieselben bestehen aus bestem trockenem Zeichenpapier, das mit einem Koordinatennetz (vgl. S. 19) bezogen wird. Die Grubenbilder selbst sind Verkleinerungen oder Vervielfältigungen der in den Geschäftsräumen des Markscheiders verbleibenden Zulegerisse. Der Maßstab der letzteren ist in den ein-

zelen Oberbergamtsbezirken verschieden, im Dortmunder Bezirk in der Regel 1 : 1000, während die Grubenbilder hier mit wenigen Ausnahmen im Maßstab 1 : 2000 angefertigt werden.

106. Einteilung des Grubenbildes. Da auf den Grubenbildplatten räumliche Verhältnisse dargestellt werden sollen, so sind Abbildungen auf mehreren senkrecht zu einander angeordneten Ebenen erforderlich. Die Grundrisse zeigen den Verlauf der Lagerstätte in einer horizontalen Ebene, also im Streichen, während das Profil ihren Verlauf in einer Vertikal-Ebene zur Anschauung bringt. Je nachdem die Ebene des lotrechten Schnittes senkrecht zur Streichrichtung oder parallel zur letzteren steht, unterscheidet man Querprofile und Längsprofile. Im Querprofil zeigt sich das Verhalten der Lagerstätte in Bezug auf ihr Einfallen und ihre Mächtigkeit, während sich aus dem Längsprofil vorwiegend das Einsenken und Ausheben von Sätteln und Mulden ergibt (siehe Fig. 161).

Die Grundrisse enthalten meist außer den Grubenbauen auch die sogenannte Situation, d. h. die Anlagen oder Gegenstände an der Tagesoberfläche.

Je nach dem Inhalt und dem Zweck der einzelnen Risse unterscheidet man:

1. Situationsrisse.
2. Hauptgrundrisse.
3. Profile.
4. Spezial-Abbaurisse, wobei wieder zu unterscheiden ist zwischen
 - a) Spezialgrundriß.
 - b) Spezialseigerriß.

Zu jedem Grubenbild gehört ferner ein Übersichtsblatt mit einem vollständigen Verzeichnis der von jeder Rißart vorhandenen Platten.

Im Oberbergamtsbezirk Dortmund beträgt die Größe der einzelnen aneinanderstoßenden Platten 30×45 cm, so daß jede Platte eine Fläche von 600×900 m = 540000 qm umfaßt. Die Platten bestehen aus bestem, auf Leinwand aufgezogenen, dicken Zeichenpapier und sind auf der Vorder- und Rückseite so bezeichnet, daß eine Verwechslung der Platten unter sich sowie mit denen anderer Zechen ausgeschlossen ist. Zu diesem Zweck tragen die Platten jeder Rißart den Namen der Zeche, des Flözes und die laufende Nummer.

Jedes Blatt Grundriß ist mit einem Koordinatennetz versehen (vgl. S. 19), dem die Entfernungen der einzelnen Netzlinien von dem Koordinatennullpunkt beigeschrieben sind. In den Profilen treten an die Stelle des Koordinatennetzes die Niveaulinien, bezogen auf Normal-Null.

107. Situationsriß. Der Situationsriß des Grubenbildes enthält ein vollständiges Bild der Tagesoberfläche. In der Figur 160 sind die

wesentlichsten im Oberbergamtsbezirk Dortmund üblichen Zeichen-
erklärungen zusammengestellt, nach denen die Einzelheiten des auf
Tafel I abgebildeten Situationsrisses gedeutet werden können. Zur

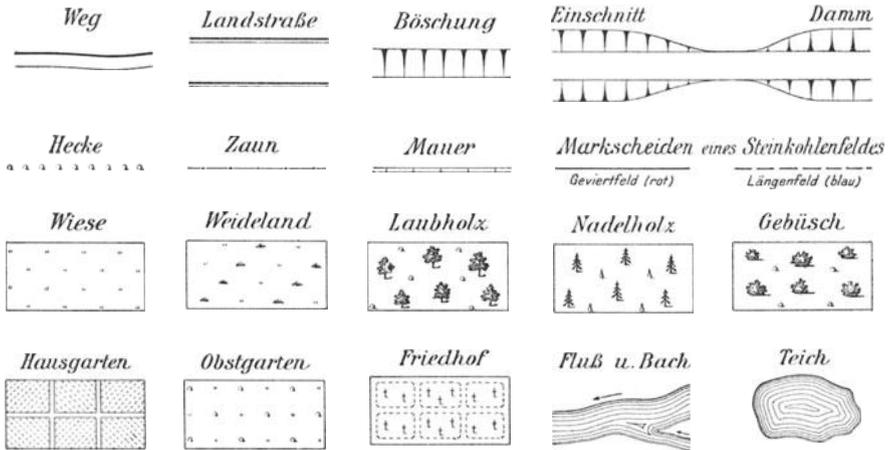


Fig. 160. Zeichenerklärung für den Situationsriß des Grubenbildes.

Ergänzung sei bemerkt, daß die zu einer Zeche gehörenden Schacht-
anlagen und Häuser karminrot, alle übrigen Gebäude mit grauer Tusche
angelegt sind. Straßen und Gebäude erhalten einen schwarzen Schatten-
strich. Von den Kulturarten bleibt Ackerland weiß, politische Grenzen
(Gemeinde-, Kreisgrenzen usw.) werden in schwarzer Tusche strich-
punktiert und mit einem grünen Farbstrich versehen.

Die Grenzen des Geviertfeldes einer Steinkohlenzeche werden mit aus-
gezogenen zinnoberroten Linien, (auf der Tafel I ist der einfacheren Her-
stellung wegen karminrot wie bei den Gebäuden gewählt worden), die
der Längfelder mit gestrichelten blauen Linien bezeichnet. Mark-
scheidensicherheitspfeiler, die im Oberbergamtsbezirk Dortmund wie
die Mergelsicherheitspfeiler eine Breite von 20 m haben, werden durch
gestrichelte schwarze Linien begrenzt. Bei Eisenerzfeldern sind die
Grenzen braun (gebr. terra di Siena), bei sonstigen Erzfeldern blau, bei
Steinsalz- und Soolquellenfeldern hellgrün ausgezogen. Die Beschriftung
erfolgt stets in der Farbe der Markscheiden.

108. Hauptgrundriß. Der Hauptgrundriß stellt alle in einer Sohle
aufgefahrenen Strecken und die in ihr mündenden oder von ihr aus-
gehenden Schächte dar. Die letzteren sind durch einfache oder doppelte
schwarze Linien begrenzt, ihr Querschnitt wird entweder z. T. oder
ganz mit schwarzer Tusche ausgefüllt. Vorschriften hierüber bestehen
im Oberbergamtsbezirk Dortmund nicht, jedoch ist es vielfach üblich,

die ausziehenden und blinden Schächte ganz schwarz, die einziehenden Schächte dagegen nur zur Hälfte zu schwärzen.

Alle Streckenstöße werden in einfachen schwarzen Linien ausgezogen, die Strecken selbst farbig angelegt und an der West- bzw. Nordseite mit einem dichten Schattenstrich von derselben Farbe versehen.

Gesteinstrecken erhalten statt des farbigen einen dunkelgrauen oder schwarzen Schattenstrich von Tusche.

Die Farbe der Strecken ist für jede Sohle verschieden, so daß man aus dem Hauptgrundriß auf den ersten Blick erkennt, auf welcher Sohle die Strecken aufgefahen sind. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund gelten folgende Sohlenfarben:

Sohle	Farbe
Stollnsohle	karminrot
I. Tiefbausohle	preußischblau
II. „	zinnoberrot
III. „	hellgrün (parisergrün)
IV. „	braun (gebrannte terra di Siena)
V. „	gelb (gummi gutti)
VI. „	dunkelgrün (preußischgrün)
VII. „	violett (magenta)
VIII. „	rotbraun (caput mortuum = Totenkopf)
IX. „	preußischblau wie die I. Sohle
X. „	zinnoberrot wie die II. Sohle
u. s. w.	u. s. w.

Die Streichlinien von Verwerfungen werden schwarz gestrichelt eingetragen und am hangenden Saalbande mit einem orangefarbenen Schattenstrich versehen. Bei dieser Darstellungsweise läßt sich allerdings in vielen Fällen, wenn der Hauptgrundriß mehrere Sohlen enthält nicht auf den ersten Blick entscheiden, in welcher Sohle die Verwerfung angefahren worden ist. Dieser Mangel wird z. T. beseitigt, wenn man statt des orangefarbenen Schattenstriches die Farben der Sohlen einführt, wie es auf den Tafeln geschehen ist.

Richtung und Stärke des Einfallens der Lagerstätte und des Verwerfers werden durch schwarze Pfeile mit den beigeschriebenen Gradzahlen bezeichnet. An den beobachteten Stellen ist auch die Mächtigkeit der Lagerstätte in Zentimetern angegeben.

Sattel- und Muldenlinien werden in blauen, gestrichelten Linien, aufgetragen und mit beiderseitigen Pfeilen versehen.

Die auf S. 32 besprochenen Kompaßstufen werden durch einen kleinen schwarzen Kreis mit umgekehrtem Dreieck bezeichnet und Monat und Jahr der Anbringung dabeigeschrieben. Theodolit- oder Präzisionspunkte (siehe S. 32) erhalten nur einen farbigen Kreis und

Für die Darstellung der Lagerstätten und des Nebengesteins sind im Oberbergamtsbezirk Dortmund folgende Farben vorgeschrieben:

Lagerstätte	Farbe	Nebengestein	Farbe
Steinkohlenflöz	schwarz	Schieferton	hellblau (preußischblau)
Brandschieferflöz	grau	Sandschiefer (Sandiger Schiefer)	violett (magenta)
Eisensteinflöz und andere Mineralien	hellrot	Sandstein	hellbraun (gebr. terra di Siena)
		Konglomerat	wie Sandstein, jedoch mit karminroten Punkten.

Von den das Steinkohlengebirge überlagernden Schichten wird von dem Kreidemergel der Grünsand hellgrün, der übrige Mergel hellgelb angelegt.

Auf den Fundamentalrissen und bei den weiter unten zu besprechenden Normalprofilen wird das Nebengestein statt durch Farben durch entsprechende Zahlen bezeichnet, wobei bedeuten: 1 Sandstein, 2 Sandschiefer, 3 Schiefer, jedoch wird bisweilen auch eine andere Reihenfolge der Ziffern angewendet.

110. Spezialabbaurisse. Von den auf einer Lagerstätte umgehenden Bauen soll der betreffende Spezialabbauriß ein vollständiges Bild geben. Bei flach fallenden Lagerstätten genügt die Projektion der Strecken und Abbaue auf eine söhliche Ebene, den Grundriß, dagegen wird von dem Oberbergamt Dortmund für Lagerstätten, deren Fallwinkel größer als 60° ist, die Darstellung der Sohlenstrecken im Grund- und Seigerriß verlangt. Der Seigerriß enthält ferner alle in der Lagerstätte aufgefahrenen söhlichen und schwebenden Strecken. Er entsteht durch Projektion der Baue auf eine parallel zum Streichen gerichtete Vertikal-Ebene.

Für jede Lagerstätte, welche an irgend einer Stelle abgebaut wird, ist ein Spezialriß anzufertigen, so daß das Grubenbild einer Zeche so viel Spezialabbaurisse enthält, wie Flöze im Bau sind oder bereits gebaut wurden. Es kommen alle streichenden, diagonalen und schwebenden Strecken, die Abbaue, sowie alle die Lagerstätte schneidenden Schächte und Querschläge zur Darstellung. Von den außerhalb der Lagerstätte liegenden Strecken und Schächten ist soviel in schwarz-punktierten Linien aufzutragen, daß daraus die Wetter- und Fahrwege zwischen den einzelnen Sohlen und den Hauptschächten zu erkennen sind.

Innerhalb der Lagerstätte erscheinen die Grund- oder Sohlenstrecken in den Farben der Hauptgrundrisse, die Abbauörter in der Farbe der unteren Sohle, so daß z. B. alle Örter, die zwischen der I. und

II. Sohle liegen, zinnoberrot angelegt werden. Sämtliche streichenden Strecken innerhalb der Lagerstätte erhalten farbige Schattenstriche, stehen sie im Nebengestein, wie z. B. nach der Ausrichtung von Verwerfungen, so tritt an die Stelle der farbigen ein dunkelgrauer oder schwarzer Schattenstrich.

Von den schwebenden Strecken werden die Bremsberge in zwei schwarzen Doppellinien, die Fahrüberhauen, Wetterdurchhiebe u. dgl. in zwei einfachen Linien ausgezogen, mit grauer Tusche angelegt und an der westlichen bzw. nördlichen Seite mit einem dunklen (schwarzen) Schattenstrich versehen. Statt der Doppellinien werden bei den Bremsbergen auch einfache Begrenzungslinien gewählt und das Wort „Bremsberg“ daran geschrieben.

In Strecken, die an einem Stoß ausgezogen, am anderen gestrichelt dargestellt sind, wurden nur die Längen gemessen.

Gestrichelt ausgezogene söhliche Strecken sind nicht marksscheiderisch vermessen, sondern nach den Angaben der Betriebsführer bzw. der Steiger aufgetragen worden.

Verwerfungen werden wie auf dem Hauptgrundriß ausgezogen und farbig bezeichnet. Infolge der Höhenunterschiede zwischen den einzelnen Strecken innerhalb der Lagerstätte erscheinen die Streichlinien der Verwerfungen treppenförmig abgesetzt. Von großer Wichtigkeit ist für den Spezialgrundriß der Verlauf der Kreuzlinien, d. h. der Schnittlinien zwischen dem Verwerfer und der Lagerstätte. Auf Tafel IV sind die Kreuzlinien am westlichen Sprung und an der nördlichen Überschiebung schwarz strichpunktirt und durch einen roten Farbstrich hervorgehoben. Näheres über die Konstruktion von Kreuzlinien enthält der Absatz 134 auf S.194.

Vermessungszeichen und Höhenzahlen werden auf den Spezialrissen in der beim Hauptgrundriß besprochenen Weise aufgetragen.

Der Abbau wird durch graue Tusche bezeichnet und zwar in verschiedener Weise, je nachdem kein Versatz, trockener Bergeversatz oder Spülversatz in Anwendung ist. Bruchbau wird kreuzweise schraffiert, Bergeversatz in Form von unregelmäßigen Steinen gezeichnet, Spülversatz durch grau getupfte Punkte hervorgehoben. Ferner ist überall das Jahr anzugeben, in dem der Abbau stattgefunden hat, beim Bergeversatz außerdem die Worte „versetzt“ oder „Spülversatz“, (siehe hierzu den Spezialgrundriß auf Tafel IV).

In diesem Spezialgrundriß sind auch die Grenzen eines Schachtsicherheitspfeilers von 100 m, an der Erdoberfläche gemessen, in den einzelnen Sohlen, sowie die sich daraus ergebende Abbaugrenze eingetragen. Die Grenzen in den einzelnen Sohlen ergaben sich unter der Annahme eines gleichmäßigen Bruchwinkels von 70° (vgl. das Querprofil auf Tafel III).

Jede Platte der Spezialabbaurisse muß einen Maßstab und einen Nachtragungsvermerk enthalten. Im Spezialgrundriß der Tafel IV sind dieselben weggelassen, um die übrigen Darstellungen deutlicher hervortreten zu lassen, dagegen ist der Spezialeigerriß (Tafel V) in dieser Beziehung vollständig.

Die Tagessituation ist auf dem Spezialgrundriß nur in Umrissen, ohne Schattenstriche, Signaturen und Farben verzeichnet.

111. Nachtragung der Grubenbilder. Unter der Nachtragung eines Grubenbildes versteht man seine fortlaufende Ergänzung entsprechend dem Fortschritte der Aus- und Vorrichtungsbetriebe sowie der Abbaue. Über die Nachtragung der Grubenbilder enthält die Bergpolizeiverordnung für die Steinkohlenbergwerke im Verwaltungsbezirke des Königlichen Oberbergamts in Dortmund vom 1. Januar 1911, gültig vom 1. Januar 1912 ab, im XVI. Abschnitt „Vermessungsangelegenheiten“ folgende Bestimmungen:

§ 320. Die regelmäßige Nachtragung der Grubenbilder muß, soweit nicht durch besondere Anordnung ein anderes bestimmt ist, bei den im Betrieb stehenden Bergwerken mindestens vierteljährlich stattfinden und stets über das ganze Grubengebäude bis zu den dermaligen Orts- und Betriebspunkten ausgedehnt werden. Die Nachtragung der Tagessituation im Bereiche des Baufeldes hat jährlich einmal zu erfolgen.

§ 321. Unverzüglich müssen auf das Grubenbild und zwar, soweit dies tunlich, auf sämtliche Grundrisse und Profile aufgetragen werden:

1. alle Gegenstände der Tagessituation, zu deren Schutz polizeiliche Anordnungen getroffen sind;
2. alle Aufschlüsse, durch die eine Veränderung des Mergelsicherheitspfeilers bedingt wird, sowie alle Betriebspunkte, bei deren Fortgang der Durchbruch von Standwassern oder bösen Wettern usw. oder der Eintritt einer ähnlichen Gefahr bezüglich der im § 196 des Allgemeinen Berggesetzes bezeichneten Gegenstände zu besorgen ist;
3. alle Markscheiden sowie alle Schutzbezirke und Bau- und Sicherheitspfeilergrenzen, die durch Polizeiverordnungen oder durch besondere Anordnung bestimmt sind. Die betreffende Anordnung ist auf dem Grubenbilde zu vermerken.

§ 322. 1. Wenn auf einer Grube der Betrieb eingestellt wird, so muß jedesmal vorher die vollständige Nachtragung der Grubenbilder erfolgen.

2. Ebenso müssen alle unterirdischen Baue, bevor sie durch den Abbau oder auf andere Weise unfahrbar werden, vollständig zu Riß gebracht sein.

§ 323. Der Betriebsführer hat dafür zu sorgen, daß der Markscheider auf schriftlichem Wege von allem Kenntnis erhält, was nach den bestehenden Vorschriften auf dem Grubenbilde zur Darstellung gelangen muß.

112. Bestimmungen über die Ausführung von Präzisionsmessungen. Die im vorhergehenden Abschnitt genannte Bergpolizeiverordnung für den Oberbergamtsbezirk Dortmund bestimmt über die Ausführung von Präzisions- oder Theodolitmessungen folgendes:

§ 324. 1. Sämtliche Schächte und sonstige Tagesöffnungen der im Betriebe befindlichen Bergwerke und alle Tagesgegenstände, für die Sicherheitspfeiler bestimmt worden sind, müssen durch eine nach der besten Methode auszuführende Präzisionsmessung (Theodolitmessung mit der durch die Sache im einzelnen Falle gebotenen kunstgerechten Ausgleichung der Beobachtungsfehler) an das Dreiecksnetz der Landesaufnahme angeschlossen werden.

2. Auf dem Situationsrisse des Grubenbildes sind gleichzeitig auch die Koordinaten für die Eckpunkte der im Absatz 1 bezeichneten Sicherheitspfeiler aufzutragen.

§ 325. Sobald sich die Grubenbaue im Niveau der Bau-, Teil- und Wettersohlen in söhliger Projektion mehr als 400 m vom Schachte entfernt haben, ist ihre Lage, wie sie auf Grund der periodischen Nachtragungen auf dem Grubenbilde verzeichnet ist, durch eine gleiche Präzisionsmessung im Anschluß an die Landesaufnahme zu kontrollieren. Daß dies geschehen, ist unter Angabe der festgelegten, durch besondere Zeichen zu markierenden Punkte, sowie der Zeit durch den betreffenden Markscheider auf dem Grubenbilde zu vermerken.

§ 326. Bei weiterer Ausdehnung der im § 325 bezeichneten Grubenbaue ist die daselbst vorgeschriebene Präzisionsmessung alle 400 m fortzusetzen und bei Einstellung des Betriebes dieser Baue bis vor Ort zu ergänzen.

§ 327. Ebenso ist die Präzisionsmessung vom letzten sicheren Festpunkte fortzusetzen, erforderlichenfalls auch vom Schachte aus oder durch Neuorientierung zu wiederholen, wenn sich die im § 325 bezeichneten Grubenbaue den vorgeschriebenen Sicherheitspfeilern in söhliger Projektion bis auf 50 m Entfernung nähern und die richtige Lage der betreffenden Baue nicht anderweit durch Schlußmessung kontrolliert ist.

§ 328. 1. Alle Abbaustrecken, Bremsberge und Überhauen, die sich der Grenze eines Sicherheitspfeilers in söhliger Projektion bis auf 20 m genähert haben, sind vor ihrer weiteren Erlängung oder vor Beginn des Abbaues durch eine besondere Theodolit- oder Kompaßmessung von dem letzten durch Präzisionsmessung bestimmten Festpunkte aus zu kontrollieren.

2. Daß dies geschehen, ist durch den betreffenden Markscheider auf dem Grubenbilde zu vermerken.

§ 329. Sobald sich die Grubenbaue einer Markscheide bis auf 400 m genähert haben, sind die Koordinaten der zugehörigen Feldes-ecken dem Oberbergamte einzureichen.

113. Erhaltung der Markscheiderzeichen und Festpunkte. Hierüber enthält die Bergpolizeiverordnung im Oberbergamtsbezirk Dortmund vom 1. Januar 1911 folgende Bestimmungen:

§ 330. Das unbefugte Verrücken und Beseitigen, sowie das Beschädigen von Markscheiderzeichen und Festpunkten unter und über Tage ist verboten.

§ 331. Der Betriebsführer ist verpflichtet, für die unveränderte Erhaltung der Markscheiderzeichen und Festpunkte zu sorgen.

II. Berechtsamsrisse.

114. Mutungsrisse. Dem Gesuch um Verleihung eines erschürften Minerals, der Mutung, welche bei demjenigen Bergrevier eingelegt werden muß, in dessen Bezirk der Fundpunkt liegt, ist ein Mutungsriß in zwei Exemplaren beizufügen oder innerhalb 6 Wochen nach der Präsentation der Mutung nachzuliefern. Das Preußische Berggesetz bestimmt darüber folgendes: § 17. „Der Muter hat die Lage und Größe des begehrten Feldes, letztere nach Quadratmetern, anzugeben und einen von einem konzessionierten Markscheider oder Feldmesser angefertigten Situationsriß in zwei Exemplaren einzureichen, auf welchem der Fundpunkt, die Feldesgrenzen, die zur Orientierung erforderlichen Tagesgegenstände und der Meridian angegeben sein müssen.

Der bei Anfertigung dieses Situationsrisses anzuwendende Maßstab wird durch das Oberbergamt festgesetzt und durch die Regierungsamtsblätter bekannt gemacht.“

In den Oberbergamtsbezirken Dortmund, Bonn und Breslau ist dieser Maßstab bei Geviertfeldern von 2 200 000 qm auf 1 : 10 000, bei den kleineren Feldern von 110 000 qm auf 1 : 2000 festgesetzt.

Über die Einzelheiten der Anfertigung und Beschaffenheit der Mutungsrisse gelten die Sondervorschriften der verschiedenen Oberbergämter, welche durchweg hohe Anforderungen an die zeichnerische Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Mutungsrisse stellen.

115. Verleihungsrisse. Die Verleihungsrisse entstehen aus den Mutungsrisse, indem die letzteren bei der Anfertigung der Verleihungsurkunde über das verliehene Bergwerkseigentum von dem Oberbergamt beglaubigt werden. In den Verleihungsurkunden wird auf die Verleihungsrisse Bezug genommen. Das eine Exemplar des Risses erhält der Bergwerkseigentümer, das andere wird bei der Bergbehörde aufbewahrt.

116. Konsolidationsrisse. Bei der Vereinigung oder Konsolidierung zweier oder mehrerer Grubenfelder zu einem einheitlichen Ganzen, welche der Bestätigung durch das Oberbergamt unterliegt, ist ein von einem konzessionierten Markscheider oder Feldmesser in zwei Exemplaren angefertigter Situationsriß des ganzen Feldes erforderlich. Hinsichtlich der Beglaubigung, Aushändigung und Aufbewahrung der Konsolidationsrisse finden dieselben Bestimmungen wie bei der Verleihung Anwendung. Jedoch wird keine große zeichnerische Genauigkeit verlangt, vielmehr sollen die Konsolidationsrisse nur eine zuverlässige Übersicht geben, da den Konsolidationsurkunden auch die Verleihungsrisse der vereinigten Grubenfelder beigelegt werden.

III. Sonstige Kartenwerke.

117. Felderkarten. In jedem Oberbergamtsbezirk besteht eine Mutungsübersichtskarte, aus der die Grenzen der bereits verliehenen Felder, sowie der Stand der Verleihungen überhaupt ersichtlich sind. Sie wird an den Königlichen Oberbergämtern hergestellt und aufbewahrt, jedoch befinden sich Auszüge aus derselben auf den Bergrevierbureaus, wo sie von jedermann eingesehen werden können.

Außer dieser amtlichen Übersichtskarte sind im Oberbergamtsbezirk Dortmund mehrere Felderkarten auch im Buchhandel erschienen, so z. B.: 1. Übersichtskarte der Steinkohlenbergwerke im Rheinisch-Westfälischen Industriebezirk 1 : 80 000 (Verlag der Koepfenschen Buchhandlung in Dortmund). 2. Karte des Felderbesitzes der wichtigeren Bergwerkseigentümer in Westfalen und am Niederrhein 1 : 160 000 (herausgegeben vom Bergbauverein in Essen). 3. Übersichtskarte der Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergwerke 1 : 75 000 (als Beilage zum Jahrbuch für den Oberbergamtsbezirk Dortmund, Verlag von Baedeker in Essen).

Auch die im folgenden Abschnitt besprochenen Übersichtskarten enthalten alle verliehenen Felder.

118. Übersichtskarten. Zur Darstellung der Aufschlüsse und Lagerungsverhältnisse in einem größeren Bezirk werden Übersichtskarten, bestehend aus Hauptgrundrissen und Profilen, angefertigt. Solche Kartenwerke bestehen in fast allen Bergbaubezirken. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund ist die in den Jahren 1879—1893 von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum herausgegebene „Flöz-karte des Westfälischen Steinkohlenbeckens“, welche aus 43 Sektionen (Blättern) Grundrisse und 24 Profilblättern besteht, am bekanntesten geworden. Die im Maßstabe 1 : 10 000 angelegten Grundrisse enthalten außer der Tagessituation alle Feldesgrenzen, Schächte, Bohrlöcher und

von den Grubenbauen jeder einzelnen Zeche die Aufschlüsse in einer oder mehreren Sohlen, während die Profile im Maßstab 1 : 5000 die Aufschlüsse sämtlicher Sohlen zur Darstellung bringen.

Von diesem Kartenwerk ist zurzeit eine Neuauflage in Arbeit, Die ganze aus etwa fünfzig Blättern bestehende Karte wird im Laufe der nächsten vier Jahre zur Ausgabe gelangen. Die Grundrisse enthalten wieder alle Einzelheiten der Tagesoberfläche und die Hauptgrundrisse einiger Sohlen, letztere in den den Grubenbildern entsprechenden Farben, ebenso werden die Profile farbig behandelt. Die Tagessituation wird außer in Verbindung mit den Grubenbauen auch als Übersichtskarte für sich allein herausgegeben.

Eine gedrängtere Übersicht als die genannten Flözkarten bieten die im Jahre 1887 in Dortmund erschienene Flözkarte des Ruhrkohlenbeckens 1 : 50 000“ (zusammengestellt von dem Geheimen Bergrat Runge und den Königl. Oberbergamtsmarkscheidern Jüttner, Finke, Haase und Hünnebeck), ferner die „Übersichtskarte des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbeckens 1 : 50 000“, im Jahre 1900

herausgegeben von der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum.

Erwähnt sei hier auch die im Zusammenhang mit der geologischen Aufnahme hergestellte Flözkarte 1 : 25 000 der Geologischen Landesanstalt, welche die Hauptflöze und Leithorizonte enthält. In dem für den Oberbergamtsbezirk Dortmund in Betracht kommenden Gebiete sind bisher folgende Blätter erschienen: Dortmund, Hagen, Hohenlimburg, Hörde, Iserlohn, Kamen, Menden, Unna und Witten.

119. Geologische Karten. Die Geologischen Verhältnisse werden in grundlegender Weise behandelt in der „Geologischen Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten

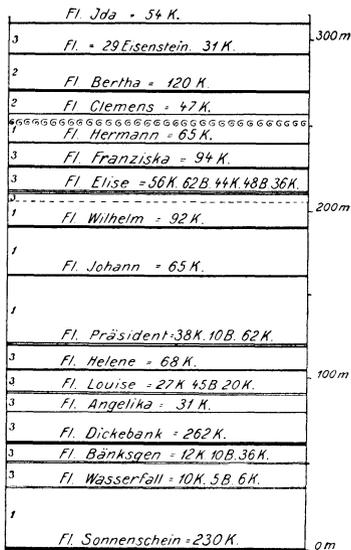


Fig. 162. Normalprofil.

1 : 25 000“ nebst eingehenden Erläuterungen bearbeitet und herausgegeben von der Königl. Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin. Ferner enthält der I. Band, Geologie und Markscheidewesen, des (vergriffenen) „Sammelwerkes“: „Die Entwicklung des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbeckens in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts“ geognostische Übersichtskarten mit Profilen.

Von älteren, dasselbe Gebiet behandelnden Karten seien genannt: „Geognostische Karte des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlenbeckens 1 : 52 000“, bearbeitet nach Grubenbildern und örtlichen Ermittlungen von Markscheider Achepohl, ferner v. Dechen: „Geologische Karte der Rheinprovinz und Westfalen 1 : 80 000“; 1865.

120. Normalprofile. Die geologischen Verhältnisse der Steinkohlenformation, insbesondere die Flözausbildung und die Leithorizonte kommen in sehr deutlicher Weise in den Normalprofilen zum Ausdruck. Man versteht darunter einen Schnitt durch die horizontal gedachten Schichten, so daß die senkrechten (normalen) Abstände der einzelnen Flöze und Schichten sowie deren Mächtigkeiten aus dem Normalprofil unmittelbar abgelesen werden können (siehe Fig. 162).

Besprechung und Lösung von einfachen Aufgaben aus der Markscheidekunde.

121. Das Streichen einer Gebirgsschicht und einer Störung bestimmen. Unter dem Streichen einer Gebirgsschicht oder einer Störung versteht man den Winkel, den eine parallel zum Hangenden oder Liegenden derselben verlaufende horizontale Linie mit dem magnetischen Meridian bildet. Reduziertes Streichen oder Azimut ist der Streichwinkel vermindert

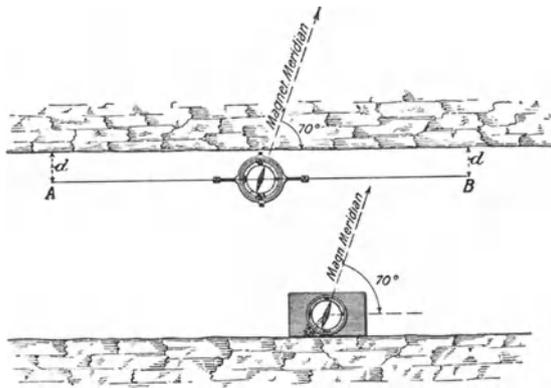


Fig. 163. Bestimmung des Streichens einer mit einer streichenden Strecke durchfahrenen Gebirgsschicht.

um den Betrag der magnetischen Abweichung oder Deklination. Das Streichen wird mit einem Kompaß bestimmt. Es sind zwei Fälle zu unterscheiden, je nachdem das Hangende bzw. Liegende durch eine streichende Strecke bloßgelegt oder die Schicht querschlällig durchfahren ist. Den ersten Fall stellt die Figur 163 dar. Verwendet man den auf Seite 86 und 87 abgebildeten Hängekompaß, so ist parallel zum Hangenden oder Liegenden eine Schnur oder Kette horizontal auszuspannen. Die Parallelität zwischen Schicht und Kette erreicht man dadurch, daß Anfangs- und Endpunkt (A und B in Fig. 163) der letzteren in gleichen Abständen d vom Hangenden oder Liegenden



Fig. 164. Bestimmung des Streichens eines querschlägig durchfahrenen Flözes.

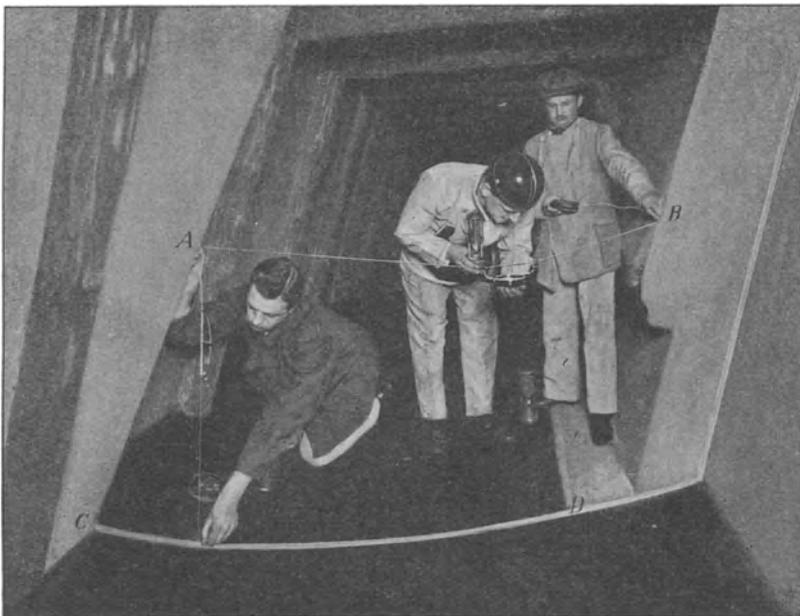


Fig. 165. Bestimmung des Streichens und Einfallens einer Störung.

gewählt werden. Die Kette ist horizontal, wenn A und B in gleicher Höhe liegen, so daß man die Punkte in söhlichen Strecken in gleicher Höhe über der Sohle annimmt, in allen übrigen Fällen aber die Kette mit Hilfe des auf Seite 28 dargestellten Gradbogens wagerecht richten muß.

Benutzt man bei der Ermittlung des Streichens statt des Markscheiderkompaßes den hierfür besonders eingerichteten Geologen-(Geognosier-)Kompaß (Fig. 163 unten), so ist die Längskante seiner Platte horizontal an das Hangende oder Liegende zu legen. Das Streichen der Schichten in der Figur 163 beträgt 70° .

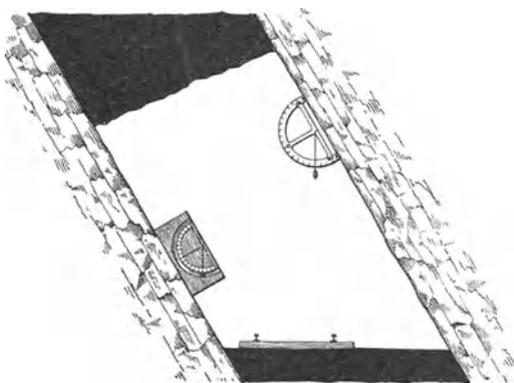


Fig. 166. Bestimmung des Fallwinkels eines Flözes.

Die Figur 164 zeigt die Bestimmung des Streichens eines querschlägig durchfahrenen Flözes. In derselben liegen die Punkte A und B in gleicher Höhe über der Sohle, so daß die Linie AB parallel zu der in der Sohle des Querschlaßes verlaufenden Streichlinie CD des Flözes ist.

Fig. 165 stellt dasselbe Verfahren bei der Ermittlung des Streichens einer durchfahrenen Störung dar.

Links in der Figur ist ferner eine in der Fallrichtung des Sprunges ausgespannte Kette zu sehen, an der mit Hilfe eines Gradbogens der Fallwinkel abgenommen wird.

122. Das Fallen einer Gebirgsschicht und einer Störung bestimmen. Die Fallrichtung einer Gebirgsschicht oder Störung verläuft senkrecht zu ihrem Streichen. Z. B. kann ein Flöz, welches ost-westlich streicht, nach Norden oder Süden einfallen. Die Himmelsrichtung muß also immer besonders angegeben werden. Unter dem Fallwinkel versteht man den Neigungswinkel der Schicht oder Störung gegen den Horizont. Man bestimmt den Fallwinkel oder kurz das „Fallen“ mit Hilfe eines Gradbogens (Seite 28, Fig. 36), indem man die Haken des letzteren unter das Hangende der Schicht hält und zwar senkrecht zum Streichen, d. h. in der Richtung des größten Einfallens. Diese Richtung erhält man in einfacher Weise durch Probieren, indem man die Hakenlinie so lange dreht, bis am Lotfaden der größte Fallwinkel erscheint. In der Figur 166 ist außer dem oben genannten Gradbogen auf dem Liegenden des

Flözes eine einfache Setzwage zu sehen, an welcher der Fallwinkel ebenfalls abgelesen werden kann; er beträgt in der Figur 60° . Auch der Geologenkompaß besitzt eine Vorrichtung zur Messung des Fallwinkels, bestehend aus einem mit einer Spitze versehenen Pendel, das sich über einer Gradteilung einstellt, wenn die Platte des Kompasses in die Ebene der Fallrichtung gekantet wird. Endlich läßt sich der Fallwinkel auch ohne einen Gradbogen mittels eines Metermaßes bestimmen. Zu diesem Zweck braucht man nur ein Falldreieck zu konstruieren und in diesem zwei Seiten zu messen. Falldreieck ist jedes in der Einfallebene liegende rechtwinklige Dreieck, dessen Hypothenuse mit dem Hangenden oder Liegenden der Schicht zusammenfällt. Sind z. B. P und Q Figur 167 zwei in der Fallrichtung des Hangenden liegende Punkte, so ist P Q R ein Falldreieck mit dem Fallwinkel α . Ebenso ist $P_1 Q_1 R_1$ das entsprechende Falldreieck auf dem Liegenden.

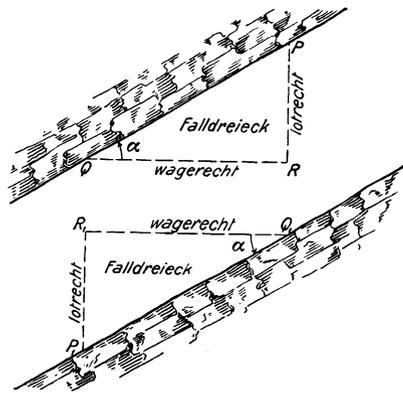


Fig. 167. Falldreiecke.

Ein solches Falldreieck läßt sich in folgender einfachen Weise konstruieren: Nachdem man die Fallrichtung bestimmt hat, was häufig nach Augenmaß genügt, hält man den Meterstock unter das Hangende, bezeichnet die Enden mit Kreidepunkten, hält darauf den Meterstock in Q wagerecht, lotet den Punkt P herunter und mißt die Länge der Kathete P R oder Q R. Im ersteren Falle erhält man den Fallwinkel α aus der Beziehung

$$\sin \alpha = \frac{P R}{P Q}, \text{ im letzteren aus}$$

$$\cos \alpha = \frac{Q R}{P Q}.$$

Ist z. B. $P Q = 100$ cm gemacht und P R zu 0,50 cm gemessen, so ist $\sin \alpha = \frac{50}{100} = 0,50$ und $\alpha = 30^\circ$. Wurde Q R statt P R zu 87 cm

gemessen, so ist $\cos \alpha = \frac{87}{100} = 0,87$ und α ebenfalls $= 30^\circ$.

Die folgende Zahlentafel enthält alle Fallwinkel für $P Q = 1$ m und alle P R und Q R von 5 zu 5 cm. Man ersieht daraus, daß das

Verfahren in sehr flacher und sehr steiler Lagerung, unsicher wird. Im übrigen hängt seine Zuverlässigkeit von der Genauigkeit ab, mit der die Wagerechte und Lotrechte bestimmt und die Seiten des Fall-dreiecks gemessen sind. Für die meisten praktischen Bedürfnisse genügt das Verfahren jedoch, so daß die nachstehende Zahlentafel benutzt werden kann.

Zahlentafel der Fallwinkel für eine Hypotenuse von 100 cm und lotrechte und wagerechte Katheten von 5 zu 5 cm (vergl. hierzu die Figur 167).

Lotrechte Kathete PR in cm	Fallwinkel α°	Lotrechte Kathete PR in cm	Fallwinkel α°	Wagerechte Kathete QR in cm	Fallwinkel α°	Wagerechte Kathete QR in cm	Fallwinkel α°
0	0	50	30	0	90	50	60
5	3	55	33	5	87	55	57
10	6	60	37	10	84	60	53
15	9	65	41	15	81	65	49
20	12	70	45	20	78	70	45
25	15	75	49	25	75	75	41
30	18	80	53	30	72	80	37
35	21	85	58	35	69	85	32
40	24	90	64	40	66	90	26
45	27	95	72	45	63	95	18
		100	90			100	0

123. Die Mächtigkeit einer Gebirgsschicht bestimmen. Unter der Mächtigkeit einer Gebirgsschicht versteht man den Abstand zwischen Hangendem und Liegendem senkrecht zum Einfallen gemessen. Bei dünnen Schichten oder Flözen, die querschläbig oder streichend durchfahren sind, läßt sich die Mächtigkeit unmittelbar messen. Um Verwechslungen bei unreinen Lagerstätten vorzubeugen, mißt man immer vom Hangenden zum Liegenden. Wenn also z. B. das Flöz Nr. 7 im Hangenden 10 cm Brandschiefer hat, dann eine Oberbank von 50 cm Kohle, darauf ein Bergemittel von 20 cm und endlich eine Unterbank von 70 cm Kohle, so schreibt man:

$$\text{Fl. 7} = 10 \text{ Brds. } 50 \text{ K. } 20 \text{ B. } 70 \text{ K.}$$

Läßt sich der Abstand vom Hangenden zum Liegenden (senkrecht zum Einfallen!) nicht unmittelbar messen, was bei mächtigen querschläbig durchfahrenen oder mit Bohrlöchern durchsunkenen Schichten der Fall ist, so ergibt sich die Mächtigkeit, aus der söhligen oder seigeren Entfernung zwischen Hangendem und Liegendem und dem Fallwinkel der Schicht (Fig. 168). Bezeichnet α den Fallwinkel, s die söhliche, t die seigere Entfernung und m die Mächtigkeit, so bestehen die Gleichungen:

$$1) m = s \cdot \sin \alpha$$

$$2) m = t \cdot \cos \alpha.$$

Wenn beispielsweise $s = 9,00$ m, $t = 5,20$ m und $a = 30,0^\circ$ gemessen sind, so ergibt sich in beiden Fällen $m = 4,50$ m.

124. Die Aufnahme eines geologischen Profiles (Gebirgsschichtenaufnahme). Die Aufnahme und zeichnerische Darstellung durchfahrener oder durchteuffer Gebirgsschichten ist von großer praktischer Bedeutung, namentlich, wenn es sich um Aufschlüsse in bisher unverritzten Felderteilen handelt. Die gewonnenen Profile bilden dann zusammen mit den Beobachtungen über Streichen und Mächtigkeiten der Schichten, insbesondere der Lagerstätten, die Grundlage für alle weiteren Aus- und Vorrichtungspläne. Zur Klarstellung aller Einzelheiten der Lagerungsverhältnisse, insbesondere zur Bestimmung des

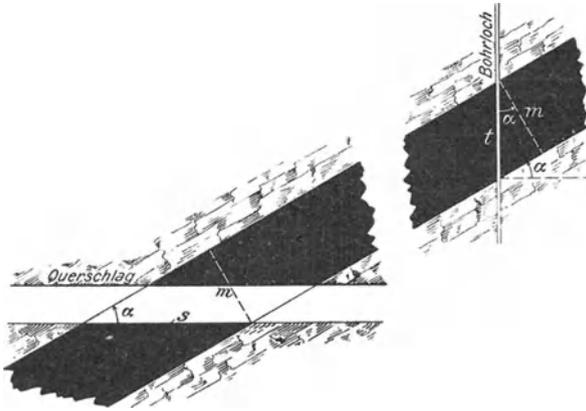


Fig. 168.

Mächtigkeit eines querschlägig und eines lotrecht durchfahrenen Flözes.

Horizontes, in dem die Aufschlüsse gemacht sind, sind petrographische, paläontologische und chemische Untersuchungen erforderlich, deren Besprechung über den Rahmen dieses Buches hinausgehen würde. Es soll hier vielmehr nur die Art der genauen markscheiderischen Aufnahme eines Querschlag- und Schachtprofils besprochen werden.

Man gebraucht dazu folgende Hilfsmittel: Ein Stahlmeßband und eine Meßkette sowie einen Zollstock, ferner Kompaß und Gradbogen (Hängezeug). Das durch Figur 169 erläuterte Verfahren bei der Aufnahme eines Querschlagprofils ist folgendes: Von dem Anfangspunkte des Querschlages oder von einem bereits vorhandenen Theodolitpunkte (A in der Figur) aus wird an einem Stoß entlang auf der Sohle das Meßband ausgespannt. An diesem liest man nacheinander die Schnittpunkte der Grenzflächen zwischen zwei Gebirgsschichten ab, z. B. 0,7 und 2,6 m im Hangenden und Liegenden von Flöz 17. Bei

Gesteinsschichten und Störungen verfährt man in derselben Weise. Streichen und Fallen der Schichten sowie die Mächtigkeiten der Flöze werden in der in den Absätzen 121—123 besprochenen Weise gemessen und in eine Handzeichnung eingetragen. Letztere besteht immer aus einem Profil und einem Grundriß, von dem ersteres vorwiegend die Angaben der Mächtigkeiten und die Bezeichnung der Gebirgsschichten enthält, während im Grundriß die Streich- und Fallwinkel eingetragen werden. In der Figur 169 sind für Sandstein und Schiefer die Abkürzungen S. und Sch. angewendet worden. Sandschiefer würde dementsprechend mit S.Sch. oder S.S. zu bezeichnen sein, jedoch macht die sichere Erkennung dieser Übergangsschicht bereits Schwierigkeiten, so daß es häufig praktischer ist, nur zwischen Sandstein und Schiefer zu unterscheiden.

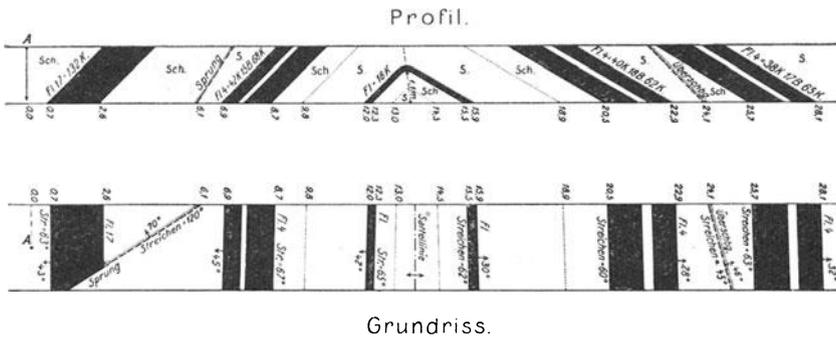


Fig. 169. Aufnahme der Gebirgsschichten in einem Querschlage; oben Profil, unten Grundriß.

In den Fällen stark gestörten Gebirges kann es sich empfehlen, beide Stöße des Querschlages genau aufzunehmen. Bei grobklötzigem Sandstein ist besondere Vorsicht geboten, daß die dem Sandstein eigenen Schnitte nicht als Störungen angesprochen werden.

Schachtprofile werden in ähnlicher Weise aufgenommen wie Querschlageprofile, indem man von der Rasenhängebank aus die Teufen bis zu den höchsten Punkten der einzelnen Schichten am Schachtstoß oder in der Schachtmitte mißt. Streichen, Fallen und Mächtigkeiten werden nach dem im Absatz 123 besprochenen Verfahren bestimmt.

125. Eine Kohlenberechnung anfertigen. Die in einem bestimmten Flöz anstehende oder bereits abgebaute Kohlenmenge läßt sich aus der streichenden Länge, der flachen Bauhöhe und der Mächtigkeit des Flözes berechnen. Streichende Länge und Mächtigkeit sind meist bekannt oder können aus dem Grundriß des Grubenbildes entnommen werden. Ist ein Querprofil vorhanden, so gibt dieses auch unmittelbar die flache Bauhöhe an, vorausgesetzt, daß die Profilebene den Grundriß

an der Stelle oder in der Abteilung schneidet, an der die Kohlenberechnung ausgeführt werden soll. In allen anderen Fällen, insbesondere auch bei unregelmäßigem Einfallen, müssen zur Ermittlung der flachen Bauhöhe Profile konstruiert werden.

Die Figur 170 zeigt den einfachsten Fall einer solchen Profilkonstruktion; aus ihr erhält man die flache Bauhöhe zu rd. 175 m. Da ferner die streichende Länge 300 m, die Mächtigkeit 1,20 m betragen, so ergibt sich zwischen den beiden Sohlenstrecken und den Querschlägen eine anstehende Kohlenmenge von $300 \times 175 \times 1,20 = 63\,000$ cbm.

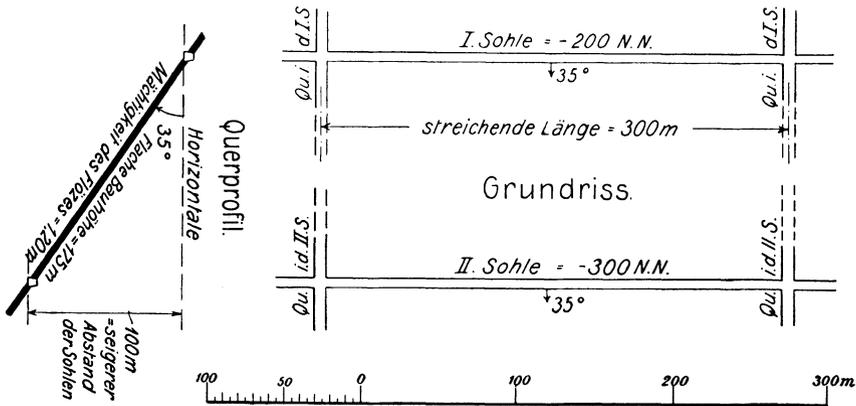


Fig. 170. Zum Beispiel einer Kohlenberechnung.

Bei regelmäßigem Einfallen, wie in der Figur 170, ist die Profilkonstruktion übrigens nicht erforderlich, wenn man den söhligten Abstand zwischen den beiden Sohlenstrecken durch den Kosinus oder den Teufenunterschied durch den Sinus des Fallwinkels dividiert.

Fallwinkel °	Die flache Bauhöhe ist größer als der		Fallwinkel °	Die flache Bauhöhe ist größer als der	
	söhliche Abstand	seigere Abstand		söhliche Abstand	seigere Abstand
0	1,00 mal	∞ mal	50	1,56 mal	1,31 mal
5	1,00 „	11,47 „	55	1,74 „	1,22 „
10	1,02 „	5,76 „	60	2,00 „	1,15 „
15	1,03 „	3,86 „	65	2,36 „	1,10 „
20	1,06 „	2,92 „	70	2,92 „	1,06 „
25	1,10 „	2,36 „	75	3,86 „	1,03 „
30	1,15 „	2,00 „	80	5,76 „	1,02 „
35	1,22 „	1,74 „	85	11,47 „	1,00 „
40	1,31 „	1,56 „	90	∞ „	1,00 „
45	1,41 „	1,41 „			

In flacher Lagerung, etwa bis 10°, kann die flache Bauhöhe praktisch gleich der söhligten Entfernung der oberen und unteren Strecke ange-

zu richtigen Ergebnissen führen kann, so stellt der erhaltene Winkel unmittelbar das Streichen dar. In diesem Falle braucht also die Deklination nicht mehr abgezogen zu werden. Jedoch ist zu beachten, daß die Zeichnung vor der Abnahme des Streichwinkels nach dem magnetischen Meridian orientiert werden muß (siehe Seite 108).

Das auf dem Grubenbild ermittelte oder sonst gegebene Streichen wird nebst einer Handzeichnung in das Beobachtungsbuch eingetragen. Darauf begibt man sich in die Grube und mißt vom Querschlag aus 20 m bis zum Punkt A ab. In diesem Punkte wird ein Ringeisen oder Nagel in der Firste an der Kappe oder in einem Pflöck befestigt, die Kette angehängt und in der ungefähren Richtung des neuen Überhauens einige Meter weit ausgespannt. Hierauf hängt man den Kompaß an die Kette und zwar mit „Norden voraus“, löst die Feststellvorrichtung der Nadel und läßt das vordere Ende der Kette solange seitwärts bewegen, bis an der Nordspitze (blau) der Nadel das gesuchte Streichen, im obigen Beispiel also $348,8^{\circ}$, erscheint. Nachdem der Kompaß abgenommen ist, befestigt man lotrecht über dem Endpunkt B der Kette ebenfalls ein Ringeisen oder einen Nagel und zwar zunächst nur lose, läßt die Kette anhalten und beobachtet das Streichen von neuem. Erscheint die gewünschte Ablesung noch nicht, so wird der Punkt B vorsichtig seitwärts geschlagen, bis die Nadel das richtige Streichen angibt. Hierauf kann das Ringeisen oder der Nagel in B festgeschlagen werden. In den Punkten A und B werden Schnüre befestigt und mit Loten oder Steinen beschwert. Damit ist die Stunde gehängt.

Der Abstand der Punkte A und B soll etwa 3—4 m betragen, so daß das Überhauen vor dem endgültigen Hängen der Stunde einige Meter weit ausgesetzt sein muß.

Beim Hängen einer Stunde ist wie bei jeder Kompaßmessung besonders darauf zu achten, daß die Magnetnadel nicht durch Eisen oder elektrische Ströme abgelenkt wird. Man wird also zunächst alle Eisenteile, wie Messer, Schlüssel, Riemenschnallen (der Beschlag der Schuhe schadet nicht, falls die Füße wenigstens $\frac{1}{2}$ m vom Kompaß entfernt bleiben) und dergl. ablegen, ferner eine eisenfreie Lampe mitnehmen und endlich Förderwagen, eiserne Platten, Schienen, Rohre, eiserne Gezähe usw. einige Meter weit entfernen. Über die Größe der Ablenkung durch Förderwagen usw. sind auf den Seiten 102—104 Mitteilungen gemacht, ebenso über den Einfluß von elektrischen Strömen. Im allgemeinen soll man danach streben, von größeren Eisenmassen, wie Förderwagen, eisernen Kappen, Stempeln und Platten 5 m abzu bleiben. Eine etwaige Beeinflussung der Magnetnadel stellt man aber allemal dadurch fest, daß man den Kompaß an verschiedenen Stellen der Kette, also in verschiedenen Entfernungen von den ablenkenden Gegenständen, anhängt; die Ablesungen müssen dann übereinstimmen.

127. Das Auffahren nach einer Stunde. Zur Prüfung, ob eine Strecke nach der angegebenen Stunde aufgefahren ist, stellt man sich ungefähr $\frac{1}{2}$ m vor dem ersten Lote auf, läßt die Schnur des zweiten Lotes von der Seite her beleuchten, wobei die betreffende Lampe nach dem Beobachter hin abgeblendet wird, und sieht zu, ob eine in der Mitte der Ortstoßes gehaltene Lampe sich in der Verlängerung der Stunde befindet (siehe Fig. 172). Ist das nicht der Fall, so muß die Strecke entsprechend geschwenkt werden, was in den meisten Fällen



Fig. 172.
Einhalten der Stunde.

allmählich geschehen kann, so daß kein Knick entsteht. Wenn die Stunde statt in der Mitte näher an einem Stoß hängt, so muß auch die Lampe vor Ort in derselben Entfernung vom Stoß gehalten werden.

Von Zeit zu Zeit ist die Stunde weiterzutragen oder vorzuhängen, weil entweder die Zielungen undeutlich werden oder das Einfallen sich ändert, so daß der Ortsstoß nicht mehr zu sehen ist. Das Verfahren beim Vorhängen einer Stunde wird durch die Figur 173 erläutert. AB sei die ursprüngliche, CD die weitergetragene Stunde, die Punkte C und D sollen also in der Verlängerung von A B liegen (Figur 173 oben). Man richtet zunächst den Punkt C ein (Fig. 173 mitten), indem man sich vor A aufstellt, an den in A und B hängenden Lotschnüren vorbeisieht und eine bei C gehaltene Lampe mit diesen zur Deckung bringt. Darauf befestigt man den Punkt C, hängt ein Lot hinein, nimmt das

Lot in B weg und richtet den Punkt D rückwärts in die Verlängerung von A C ein (Fig. 173 unten). In D wird dann ebenfalls ein Lot aufgehängt, womit die Stunde von A B nach C D weitergetragen ist.

Wenn von der Stunde ein Punkt zerstört worden ist, so läßt sich derselbe in vielen Fällen mit genügender Genauigkeit durch Einrichten in die Achse der Strecke wiederherstellen, falls die letztere bereits genügend weit aufgefahren ist. Bei wichtigen Auffahrungen, z. B. bei Durchschlagsstrecken, ist jedoch eine neue Angabe der Stunde erforderlich; in solchen Fällen ist die Stunde auch von Zeit zu Zeit nachzuprüfen.

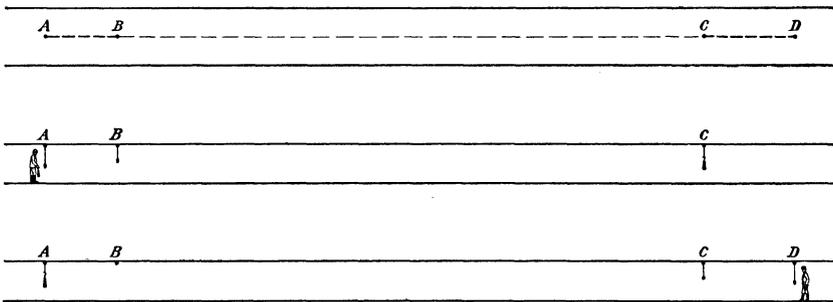


Fig. 173. Vorhängen einer Stunde.

128. Eine Durchschlagsrichtung mit dem Kompaß angeben. Die Angabe einer Durchschlagsrichtung mit dem Kompaß deckt sich im allgemeinen mit den im Absatz 126 besprochenen Stundenhängen. So kann z. B. die Figur 171 auch zur Erläuterung einer Durchschlagsangabe dienen. Dort sind die Punkte A und C auf dem Grubenbild gegeben, so daß nur die Stunde abgenommen und in die Grube übertragen werden muß. Fehlen jedoch die zeichnerischen Unterlagen noch und sind Anfangs- und Endpunkt der Durchschlagsstrecke nur in der Grube gegeben, so müssen diese beiden Punkte erst durch einen Kompaßzug miteinander verbunden werden. Aus der zeichnerischen Darstellung des letzteren läßt sich dann das Sreichen der Verbindungslinie der beiden Punkte bzw. die Stunde der projektierten Strecke in der im Absatz 126 besprochenen Weise ableiten. Die Länge der aufzufahrenden Strecke ergibt sich für söhliche Strecken unmittelbar aus dem Grundriß, bei Überhauen ist die söhliche Länge durch den Kosinus des Neigungswinkels zu dividieren (vgl. hierzu auch die Zahlentafel auf Seite 179). Über die Ausführung und Zulage eines Kompaßzuges ist in den Absätzen 63—64 und 71—75 das Erforderliche gesagt.

129. Einen Bremsberg nivellieren und das Einfallen ausgleichen. Bremsbergnivellements werden durchweg mit Gradbogen und Kette ausgeführt; bei genauen Messungen verwendet man statt der Kette

Hanfschnüre, die sich fester anspannen lassen und mißt die Längen mit der Kette oder mit einem Meßband. Das Verfahren sei an der Figur 174 erläutert. Zwischen der Grundstrecke und Ort 6, der Teilstrecke, ist ein einfaches Überhauen hochgebracht worden, das nachträglich zu einem Bremsberg erweitert und ausgebaut werden soll. Da die lichte Höhe nicht ausreicht und außerdem das Einfallen unregelmäßig ist, so muß Nebengestein nachgerissen werden. Zur Angabe der Schienenlinie ist eine genaue Aufnahme des Liegenden und Hangenden oder mit anderen Worten ein Längenprofil erforderlich. Man führt zu diesem Zweck von der Sohle der Grundstrecke bis zur Sohle der Teilstrecke

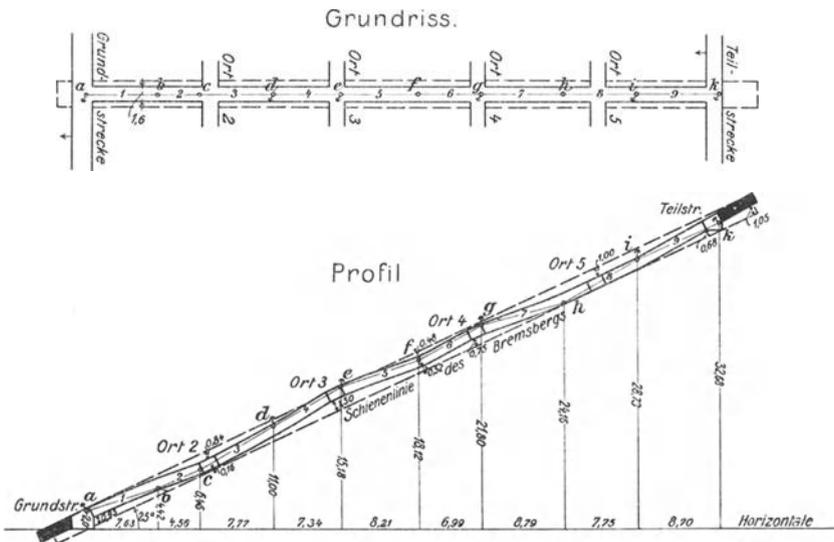


Fig. 174. Nivellement eines Bremsberges und Ausgleichung des Einfallens.

ein Gradbogennivellement aus, bei dem die Endpunkte der einzelnen Züge in der Mitte des Überhauens und zur Erleichterung der Profilzeichnung möglichst am Hangenden oder Liegenden gewählt werden.

Wenn die einzelnen Züge durch die Mitte des Überhauens gehen, so können die Neigungswinkel unmittelbar mit der Gradscheibe in das Profil eingetragen und die flachen Längen der Züge mit Zirkel und Maßstab abgestochen werden. Die Zulage erfolgt in großem Maßstab, etwa in 1 : 200 bis 1 : 500, dagegen nie auf dem Grubenbild, weil der Maßstab 1 : 2000 zu klein ist und das Grubenbild unter der Zulage sehr leiden würde. Am leichtesten ist die Zeichnung auf Millimeter-Papier.

Wird außer dem Gradbogen auch ein Kompaß benutzt, so können die Endpunkte der Züge beliebig rechts, links oder mitten im Überhauen liegen. Die grundrißliche Zulage erfolgt dann in der im Absatz 71—75

besprochenen Weise. Für die Profilzeichnung müssen in diesem Falle die Sohlen und Seigerteufen berechnet werden, jedoch empfiehlt sich letzteres zur Kontrolle auch dann, wenn alle Punkte in der Mitte des Überhauens liegen.

Die nachstehende Zahlentafel enthält die Beobachtungen und Berechnungen, welche den Darstellungen in der Figur 174 zugrunde liegen.

Beispiel eines Bremsbergnivellements.
(Vgl. hierzu die Figur 174.)

1	2	3	4		5	6		7	8		9	10
			Ablesung am Gradbogen = Neigungswinkel			Berechnete Seigerteufe	Höhe des Punktes über der Sohle der Grundstrecke		Gemessener Abstand des Punktes von der Sohle des Überhauens.	Gemessener Abstand des Punktes von der Firste des Überhauens.		
Punkt	Zug Nr.	Gemessene flache Länge	0 + $\frac{1}{10}^\circ$	0 - $\frac{1}{10}^\circ$	Berechnete Sohle	Berechnete Seigerteufe	Höhe des Punktes über der Sohle der Grundstrecke	Gemessener Abstand des Punktes von der Sohle des Überhauens.	Gemessener Abstand des Punktes von der Firste des Überhauens.	Punkt		
		m			m	m	m	m	m			
⊗ a	1	8 00	17	6	7 63	2 42	2 00	1 10	0 20	⊗ a		
b	2	5 00	24	1	4 56	2 04	4 42	0 20	1 05	b		
⊗ c	3	9 00	30	3	7 77	4 54	6 46	0 45	0 65	⊗ c		
d	4	8 45	29	7	7 34	4 18	11 00	0 90	0 20	d		
⊗ e	5	8 72	19	7	8 21	2 94	15 18	0 95	0 21	⊗ e		
f	6	7 90	27	8	6 99	3 68	18 12	0 83	0 38	f		
⊗ g	7	9 10	15	0	8 79	2 36	21 80	1 10	0 15	⊗ g		
h	8	9 00	30	5	7 75	4 57	24 16	0 22	1 00	h		
i	9	9 55	24	4	8 70	3 95	28 73	1 00	0 23	i		
⊗ k							32 68	0 21	1 00	⊗ k		

Die Aufzeichnung des Grundrisses und Profiles in der Figur 174 geht in folgender Weise vor sich: Für den Grundriß nimmt man den Punkt a beliebig an, zieht durch ihn eine gerade Linie parallel zum oberen Papierrand und trägt auf derselben die berechneten Sohlen der einzelnen Züge (Spalte 5 des Beispiels) ab. Auf diese Weise erhält man die Lage der Punkte b, c . . . k. Ebenso werden auf Grund der während der Messung in der Grube angefertigten Handzeichnung die Stöße des Überhauens, die Strecken und Örter aufgetragen. In der Figur 174 ist

angenommen, daß das Überhauen gerade aufgefahren ist; wenn dies nicht der Fall ist, so müssen auch die Streichwinkel der einzelnen Züge gemessen und aufgetragen werden. Bei der Profilkonstruktion zieht man zunächst eine gerade Linie, die Horizontale, parallel zur Achse des Überhauens im Grundriß und nimmt auf ihr in gleicher Entfernung vom linken Papierrand wie bei a einen Punkt an. Von diesem aus werden die berechneten Sohlen wie im Grundriß aufgetragen. In den Endpunkten derselben errichtet man Senkrechten auf der Horizontalen und macht sie gleich den in der Spalte 7 des Beispiels berechneten Höhen der Punkte a, b, c . . . k, deren Lage im Profil auf diese Weise erhalten wird.

Eine Kontrolle der Berechnung und zeichnerischen Zulage (nicht der Messung!) erhält man durch den Vergleich der Längen der Verbindungslinien der Punkte im Profil mit den gemessenen flachen Längen (Spalte 3).

Von den einzelnen Punkten aus sticht man deren Abstände vom Liegenden und Hangenden (Spalten 8 und 9) ab, verbindet die entsprechenden Punkte und erhält auf diese Weise die Begrenzungslinien des Überhauens im Profil. Auf Grund der Handzeichnung werden sodann auch die Strecken und Örter eingetragen. Damit ist die zeichnerische Darstellung der Messungen beendet. Es sei nur noch bemerkt, daß Grundriß und Profil in bezug auf die söhlig Abstände untereinander übereinstimmen müssen.

Die weitere Aufgabe besteht nun darin, die Schienenlinie des projektierten Bremsberges zwischen der Grund- und Teilstrecke so zu ziehen, daß ihre Neigung möglichst gleichmäßig und andererseits möglichst wenig Nebengestein angegriffen wird. In der Figur 174 ist die Schienenlinie von unten bis oben mit einem gleichmäßigen Einfallen von 25° durchgezogen worden, wobei sich eine gute Anlehnung an das vorhandene Überhauen ergab. Es kommen jedoch Fälle vor, in denen es notwendig ist, die Schienenlinie zu krümmen oder zu knicken, um aus dem Liegenden oder Hangenden heraus zu kommen. Inwieweit dies ohne erhebliche Gefährdung einer flotten Förderung und starke Abnutzung des aufliegenden Seiles durch Reibung möglich ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Bei sehr ungleichmäßigem Einfallen infolge Aufrichtung der Schichten ist es unter Umständen zweckmäßig, den Bremsberg abzusetzen.

Nachdem die Entscheidung über den Verlauf der Schienenlinie und die lichte Höhe des Bremsberges gefallen ist, greift man aus dem Profil mit Zirkel und Maßstab die Abstände des neuen Liegenden und Hangenden von dem Liegenden und Hangenden des Überhauens an mehreren Stellen, vorwiegend an den Örtern, ab und erhält auf diese Weise die Unterlagen für das notwendige Nachreißen des Nebengesteins.

In dem Beispiel der Figur 174 ist bei Ort 2 vom Hangenden 0,84 m, bei Ort 3 vom Liegenden 1,50 m nachzureißen usw.

In dem Beispiel ist den Schienen beim Auffahren des Berges eine Neigung von 25° zu geben. Man benutzt dabei die in der Figur 166 unten abgebildete Setzwage, den Neigungsmesser Seite 28 oder den Libellenquadranten Seite 27.

130. Das Fördergestänge nach einem gegebenen Ansteigeverhältnis richten. Beim Legen des Fördergestänges benutzt man eine auf das geforderte Ansteigen zugeschnittene Latte, welche in der Längsrichtung auf die Schienen gesetzt und mit einer Blei- oder Wasserwage horizontal gerichtet wird (siehe Seite 29). Soll die Strecke z. B. im Verhältnis 1 : 400 ansteigen und verwendet man eine 2 m lange Latte, so ist das eine Kopfende derselben $\frac{2000}{400} = 5$ mm breiter als das andere zu schneiden. Das schmale Ende wird in die Richtung des Ansteigens gelegt.

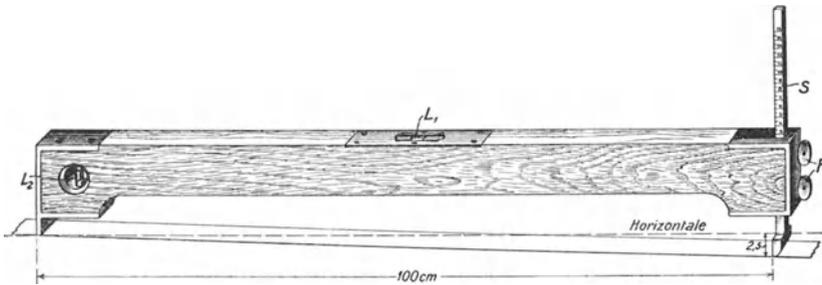


Fig. 175. Gefällwasserwage zum Richten von Fördergestängen usw.

In der Figur 175 ist eine in der Grube bisher wenig benutzte Gefällwasserwage dargestellt, durch die mittels eines verstellbaren Schiebers S jedes beliebige Gefälle oder Ansteigen eingestellt und auch ermittelt werden kann. Ist die Wage z. B. 1 m lang und soll die Schiene im Verhältnis 1 : 400 ansteigen, so wird der Schieber auf den Teilstrich $\frac{1000}{400} = 2,5$ mm eingestellt und mittels der Flügelschrauben F festgeklemmt. Darauf hebt oder senkt man die Schiene vorn solange, bis die Libelle L_1 einspielt. Bei söhlicher Verlegung der Schienen wird der Schieber bis auf den Nullstrich hereingeschoben. Die ausgehöhlte Form der Latte gestattet die Wage auch über Erhöhungen, z. B. Muffen und Flanschen bei Rohrleitungen, hinwegzusetzen. Ferner läßt sie sich infolge der Anordnung einer zweiten Libelle L_2 (wie bei der Richtlatte Seite 26) auch in aufrechter Stellung zum Lotrechtstellen oder Neigen von Gegenständen verwenden.

Ein weiterer Vorteil ist der, daß man mit ihr auch ohne weiteres das Gefälle abnehmen kann. Zu diesem Zweck setzt man die Wage auf eine Schiene, löst die Flügelschrauben F, verstellt den Schieber solange, bis die Libelle L_1 einspielt, klemmt die Schrauben fest und liest dann ab. Setzt man dieses Verfahren fort, indem man die Wage aufnimmt und vorsetzt, wobei das linke Ende an die Stelle des rechten, am zweckmäßigsten durch einen Kreidestrich bezeichneten, Endes kommt, so erhält man ein Längennivellement der Strecke, das auch als Unterlage für die im folgenden Absatz besprochene Ausgleichung der Sohle benutzt werden kann.

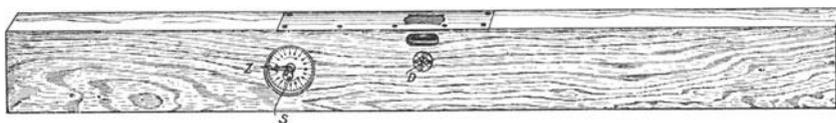


Fig. 176a. Gefällwasserwage.

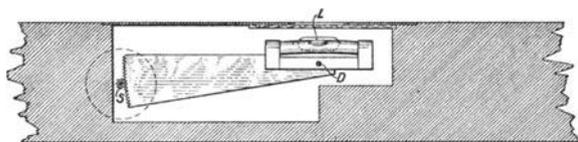


Fig. 176b. Anordnung der drehbaren Libelle bei der Gefällwasserwage.

Die Figur 176 a stellt eine andere Ausführung der Gefäll-Wasserwage dar, bei der statt eines verstellbaren Schiebers eine bewegliche Libelle L angebracht ist. Die Libelle läßt sich mittels der Schraube S und einer Zahnstange um die Achse D drehen, wobei der Zeiger auf einem Zifferblatt weiterwandert. Stellt man den Zeiger auf 0, so liegt die Unterkante der Wage bei einspielender Libelle wagerecht oder söhlig. Einer Drehung um einen Teilstrich rechts oder links herum entspricht ein Steigen oder Fallen der Unterlage um 1 mm auf die Länge der Wage. Soll z. B. mit einer 2 m langen Wage ein Ansteigen von 1 : 400 angegeben werden, so setzt man sie so auf, daß das Zifferblatt in der Richtung der Messung liegt, dreht man den Zeiger rechts herum auf den Teilstrich $\frac{2000}{400} = 5$ und hebt oder senkt die Schiene solange, bis die Libelle einspielt. Durch Drehen des Zeigers links herum wird das entsprechende Fallen eingestellt.

Will man mit dieser Wasserwage nivellieren, so setzt man sie auf eine Schiene und dreht den Zeiger solange rechts oder links herum bis die Libelle einspielt und liest am Zifferblatt ab. Man erhält auf diese Weise unmittelbar die Anzahl Millimeter, um welche die Schiene auf die

Länge der Wage steigt oder fällt. Durch Wiederholungen dieses Verfahrens bzw. Aneinanderreihen der einzelnen Lagen der Wage erhält man in verhältnismäßig kurzer Zeit ein Längennivellement der Strecke.

Die vorstehend besprochenen Gefällwasserwagen sind in vielen Fällen sehr praktisch, so z. B. auch beim Abwägen von Haussockeln, Fußböden usw.

131. Eine Strecke nivellieren und die Sohle ausgleichen. Die Sohle eines längeren Querschlages, einer Richt- oder Grundstrecke ist in vielen Fällen durch geometrische Nivellements festzulegen, sei es, um das erforderliche Ansteigen nachzuprüfen oder um die Unterlagen für die Anfertigung eines Längenprofils zu gewinnen, auf Grund dessen die durch schlechtes Innehalten der Sohle oder nachträglich infolge Gebirgsdruck und Senkungen eingetretenen Unregelmäßigkeiten ausgeglichen werden können. In der Figur 177 ist ein Längenprofil dargestellt, an dem das

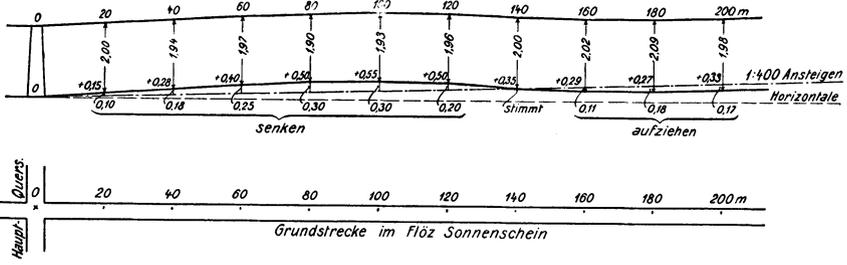


Fig. 177. Nivellement einer Sohlenstrecke; oben Längenprofil, unten Grundriß.

Verfahren erläutert werden soll. Zunächst werden vom Ausgangspunkt der Strecke, hier vom Hauptquerschlag aus, in regelmäßigen Abständen von etwa 20 m die Oberkante einer Schiene des Fördergestänges einnivelliert und die Abstände der Schiene von der Firste gemessen. Die Punkte 20 m, 40 m usw. werden zweckmäßig an der Firste mit Kreide oder Kalkmilch bezeichnet. In dem Beispiele liegt die Schiene bei 20 m um 0,15 m bei 200 m um 0,33 m höher als die Schiene des Hauptquerschlages. Ihre Abstände von der Firste betragen 2,00 und 1,98 m. Bei dem Nivellement benutzt man entweder ein Nivellierinstrument und eine Gruben-Nivellierlatte (siehe Seite 133) oder in weniger wichtigen Fällen eine der im vorigen Absatze besprochenen Gefällwasserwagen. Die Abstände der Schienenoberkante von der Firste können mit einem Zollstock gemessen werden, während man bei der Messung der Entfernungen der einzelnen Punkte 0, 20, 40 m usw. eine Kette oder ein Maßband benutzt.

Auf Grund der gewonnenen Zahlen und der in der Grube angefertigten Handzeichnung konstruiert man in der aus Figur 177 ersichtlichen Weise das Längenprofil, wobei jedoch der Deutlichkeit wegen alle Höhen

zehnmal größer dargestellt werden als die Längen. In dem Längenprofile zieht man darauf die Linie des geforderten Ansteigens, in dem Beispiel 1 : 400, indem man z. B. bei 200 m die Höhe $\frac{200}{400} = 0,50$ m aufträgt. Wie man sieht, weicht die wirkliche Sohle von der gewünschten ab und zwar liegt sie im ersten Teile der Strecke durchweg zu hoch, im letzten zu tief. Man greift die Abweichungen an den einzelnen Punkten mit Zirkel und Maßstab ab und erhält auf diese Weise die Beträge 0,10 m, 0,18 m usw., um welche die Sohle gesenkt oder aufgezogen werden muß. Statt diese Zahlen mit Zirkel und Maßstab abzugreifen, kann man sie auch berechnen, indem man von den durch Nivellement ermittelten Höhen 0,15 m, 0,28 m usw. die Beträge abzieht, welche sich für die einzelnen Entfernungen aus dem geforderten Ansteigeverhältnis ergeben. In dem vorliegenden Beispiel soll die Schiene bei richtigem Ansteigen in 20 m Entfernung vom Anfangspunkt um $\frac{20}{400} = 0,05$ m höher

liegen; da jedoch tatsächlich eine Höhe von 0,15 m beobachtet ist, so muß die Schiene um $0,15 - 0,05 = 0,10$ m gesenkt werden. Bei Anwendung der letzteren Berechnung erübrigt sich die Darstellung des Profiles, seine Anfertigung ist dennoch immer zu empfehlen, weil es ein Bild der Verhältnisse liefert und den weniger Geübten vor Irrtümern sichert.

An den Stellen, an denen die Schienen zu hoch oder zu tief liegen, müssen die Abstände von der Firste nach der Ausgleichung der Sohle um die Beträge der Senkung oder Hebung der Schienen größer oder kleiner werden. Man wird die Schiene bei 20 m soviel senken, daß ihr Abstand von der Firste 2,10 m statt 2,00 m beträgt; dagegen verringert sich der Abstand bei 200 m von 1,98 auf 1,81 m. Beim Neulegen der Schienen zwischen zwei einnivellierten Punkten, also z. B. zwischen 0 und 20 m, benutzt man die auf Seite 29 abgebildete Vorrichtung oder eine Gefäll-Wasserwage (Seiten 187 und 188).

Wo es nicht möglich oder unpraktisch ist, die Abstände der Schienen von der Firste zu messen, etwa weil das Hangende zu hoch ist oder ebenfalls nachgerissen werden muß, bringt man am Stoß Nägel oder Pflöcke an und mißt von diesen aus die Schienenoberkante ein.

132. Einen Höhendurchschlag angeben. Die Figur 178 stellt den einfachen Fall dar, daß eine vom Hauptquerschlag ausgesetzte Grundstrecke in einen bereits vorhandenen Abteilungsquerschlag münden soll. Da die Länge der Strecke durch die Entfernung der beiden Querschläge ungefähr bekannt ist, so braucht man nur den Höhenunterschied in den Sohlen der Querschläge zu bestimmen, worauf sich dann das erforderliche Ansteigen der Grundstrecke durch eine einfache Rechnung

ergibt. In der Figur beträgt die Höhe der Schienenoberkante (abgekürzt S. O.) bei Flöz 17 im Hauptquerschlag — 227,45 m, im Abteilungsquerschläge — 226,57 m, so daß der letztere — 226,57 — (— 227,45) = 0,88 m höher liegt. Demgemäß muß die 185 m lange Strecke mit einem Ansteigen von $\frac{185}{0,88} = 1 : 210$ aufgefahen werden.

Sind die Höhenzahlen in einem oder in beiden Querschlägen nicht gegeben, so ist zwischen dem Anfangs- und Endpunkte der projektierten Strecke ein geometrisches Nivellement auszuführen, etwa durch eine benachbarte Richtstrecke oder eine bereits aufgefahrene Grundstrecke, und daraus der Höhenunterschied der Sohlen zu bestimmen.

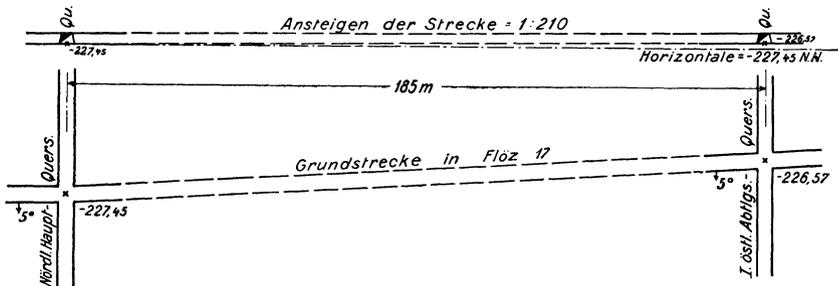


Fig. 178. Höhenangabe für den Durchschlag einer Sohlenstrecke; oben Profil, unten Grundriß.

In der Figur 179 ist die Höhenangabe für einen Ortsquerschlag im Grundriß und Profil dargestellt. Die Aufgabe ist folgende: Von dem Überhauen aus soll das Ort 2 ausgesetzt und von diesem ein Querschlag nach dem Aufbruch getrieben werden, dessen Sohle 14,00 m über dem Sohlenholz am unteren Anschlag des Aufbruchs auskommt.

Außer der Höhe ist hier auch die Stunde des Querschläges anzugeben, worüber im Absatz 126 bereits das Notwendige gesagt ist. Die für die Höhenangabe erforderlichen Messungen setzen sich aus einem geometrischen Nivellement mit Nivellierinstrument und Latte und einem Gradbogennivellement zusammen. Das geometrische Nivellement soll den Höhenunterschied zwischen dem Sohlenholze bzw. dem Punkt A am Aufbruch und der Schienenoberkante der Grundstrecke am Überhauen feststellen. Wenn dieser Unterschied, in der Figur 0,50 m, auf dem Grubenbild aus bereits aufgetragenen Höhenzahlen abgeleitet werden kann, so fällt das geometrische Nivellement weg. Aus den beiden Zügen 1 und 2 des Gradbogennivellements, deren flachen Längen 10,00 und 8,50 m betragen mögen, erhält man die Seigerteufen 6,63 m und 7,58 m. Da der Ausgangspunkt B des 1. Zuges 1,72 m über der Sohle der Grundstrecke angenommen ist, so ergibt sich für den Punkt C eine Höhe von $0,50 + 1,72 + 6,63 + 7,58 = 16,43$ m über dem Punkt A. Nimmt

man nun an, daß das Ort und der Querschlag sählig aufgefahren werden sollen, so ist die Sohle (Schienenoberkante) des ersteren $16,43 - 14,00 = 2,43$ m unter dem Punkte C anzunehmen. Sollen Ort oder Querschlag bzw. beide nach einem bestimmten Ansteigeverhältnis aufgefahren werden, so ist der Einfluß des letzteren auf die Höhenangabe unter Berücksichtigung der aus dem Grundriß zu entnehmenden Längen in Rechnung zu setzen.

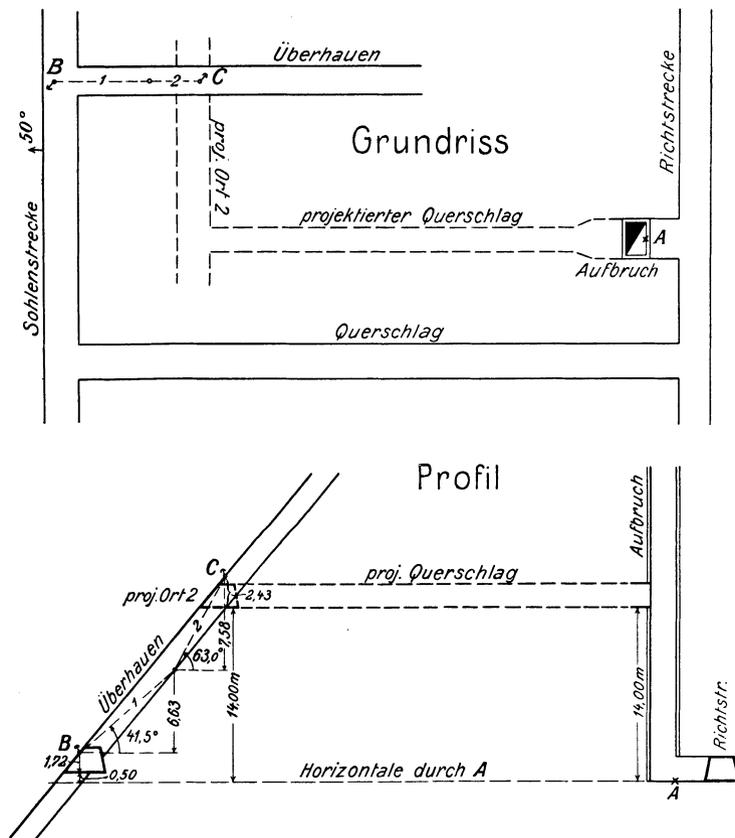


Fig. 179. Höhenangabe für den Durchschlag eines Ortsquerschlages.

133. Eine Kurve abstecken. Im einfachsten Falle kann man eine Kreiskurve, nur von dieser soll hier gesprochen werden, dadurch abstecken, daß man vom Mittelpunkt aus eine Kette oder ein Meßband spannt und mit dem gewünschten Halbmesser einen Kreis beschreibt. Dabei ist aber Voraussetzung, daß der Mittelpunkt zugänglich und der Radius nicht zu groß ist. Außerdem wird ein einigermaßen ebenes, unbebautes Gelände vorausgesetzt. In allen andern Fällen sind andere

Verfahren anzuwenden, deren Besprechung über den Rahmen dieses Buches hinausgeht.

Die Figur 180 stellt ein Näherungsverfahren dar, welches bei kleineren Halbmessern z. B. bei Kurven unter Tage angewendet werden kann.

$P_1 P_2$ ist die Stunde eines Querschlages, bei P_2 soll eine Kurve vom Halbmesser 15 m beginnen und allmählich in die Stunde $P_3 P_4$ der Richtstrecke übergeführt werden. Zu diesem Zwecke lotet man die Punkte P_1 und P_2 auf die Sohle herab, spannt zwischen beiden eine Kette oder ein Meßband aus, verlängert die Linie um ein Stück $x = 2$ m etwa und be-

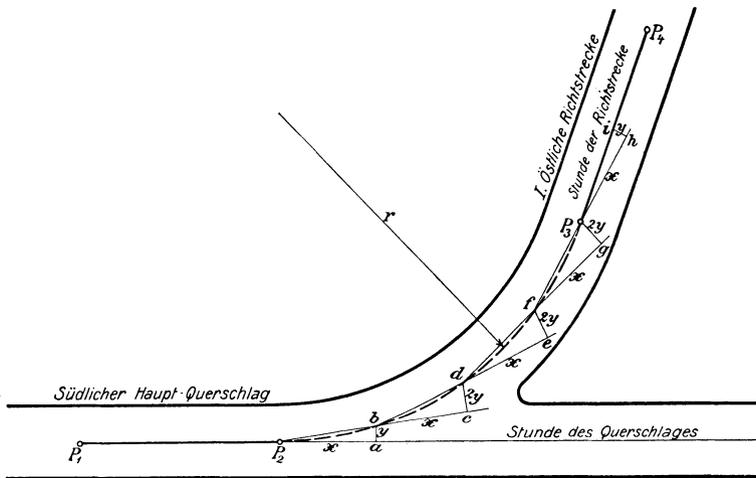


Fig. 180. Abstecken einer Kreiskurve nach dem angenäherten Sehnungsverfahren.

zeichnet den Punkt a durch Kreide. Von a aus mißt man rechtwinklig zu $P_2 a$ ein Stück $y = \frac{2^2}{2 \cdot 15} = \frac{4}{30} = 0,133$ m ab und erhält auf diese Weise den Kurvenpunkt b . Verlängert man $P_2 b$ ebenfalls um $x = 2$ m und trägt von c aus rechtwinklig $2y = \frac{x^2}{r} = \frac{4}{15} = 0,267$ m ab , so ergibt sich der Punkt d der Kurve. Die Werte 0,133 m und 0,267 m für y und $2y$ sind für $r = 15$ m und $x = 2$ m konstant. Man kann das Abstecken also dadurch erleichtern, daß man ein Winkelholz bzw. ein rechtwinkliges Dreieck schneidet, dessen Katheten 2,000 m und 0,267 m lang sind. Zieht man auf der kurzen Kathete einen Halbierungsstrich, so kann man y und $2y$ abstecken.

In sehr vielen Fällen, namentlich für fast alle Kurven unter Tage, lassen sich zeichnerische Unterlagen herstellen, nach denen die Absteckung in der einfachsten Weise erfolgt. Ist z. B. die Stunde des

Hauptquerschlag (Fig. 181) = 150° , diejenige der projizierten Richtstrecke = 80° und soll der Halbmesser der Kurve 15 m betragen, so stellt man sich mit diesen Unterlagen einen Plan in großem Maßstab, etwa 1 : 100, her, in dem die Kurve bereits vollständig eingezeichnet wird. Ferner ermittelt man mit einer Gradscheibe den Winkel α , den die Verbindungslinie $P_2 P_3$ mit der Stunde $P_1 P_2$ des Querschlages bildet und greift mit Zirkel und Maßstab die zu den betreffenden Abszissen gehörigen Ordinaten 2,0 m usw. ab und trägt sie in den Plan ein.

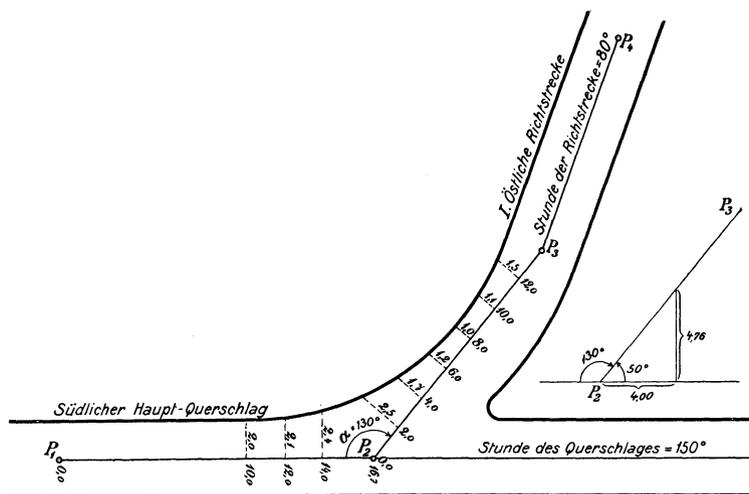


Fig. 181. Abstecken einer Kreiskurve nach einer Zeichnung.

In der Grube werden die in der Karte enthaltenen Abszissen mit der Kette oder dem Meßband abgemessen und die Ordinaten rechtwinklig zu den Linien $P_1 P_2$ und $P_3 P_4$ aufgetragen. Die Stunde der Abszissenachse $P_3 P_4$ wird mit einem Kompaß angegeben oder man steckt den Winkel α mit einem Theodolit ab. Statt dessen kann man auch auf dem Plan ein rechtwinkliges Dreieck konstruieren, wie es in der Figur 181 rechts angedeutet ist und die Katheten 4,00 und 4,76 m in der Grube abstecken.

134. Kreuzlinien konstruieren. Unter einer Kreuzlinie versteht man die Schnittlinie zwischen einer Lagerstätte und einer Störung. Die Kenntnis des Verlaufes der Kreuzlinien ist für die Ausrichtung von Störungen und für die Vorrichtung des Abbaues von großer Wichtigkeit. Man erhält die Kreuzlinie in einfacher Weise dadurch, daß man die Streichlinien der Lagerstätte und der Störung in zwei verschiedenen Höhenlagen (Niveaus) zeichnet und die Schnittpunkte miteinander verbindet (siehe z. B. den Spezialgrundriß Tafel IV). Die Konstruktion sei an einigen Beispielen erläutert.

In der Figur 182 sei AB die Streichlinie eines Flözes im oberen Niveau, BC die eines Sprunges in derselben Höhenlage. Die beiden Linien schneiden sich in B , einem Punkte der Kreuzlinie. Zeichnet man nun in der aus dem Querprofil der Figur ersichtlichen Weise die Streichlinien in der Teufe t unter dem oberen Niveau, so erhält man ihren Schnittpunkt G im unteren Niveau. Die Linie BG ist dann die Kreuzlinie zwischen Flöz und Sprung.

Der Winkel φ , den die Kreuzlinie mit der im Hangenden des Flözes gezogenen Streichlinie des Sprunges bildet, heißt Sprungwinkel. Über seine Bedeutung für die Ausrichtung der Störung, d. h. die Aufsuchung des verlorenen Flözstückes, ist im folgenden Absatz das Erforderliche gesagt.

Die Figur 183 zeigt die Konstruktion und den Verlauf der Kreuzlinie bei entgegengesetztem Einfallen des Sprunges; im übrigen stellt sie eine Wiederholung der Figur 182 dar.

In der Figur 184 wird das Flöz durch den Sprung spießförmig geschnitten, wie es meistens der Fall ist.

Die Figur 185 zeigt die Konstruktion der Kreuzlinien bei einer regelmäßigen Mulde mit gleich stark einfallenden Flügeln. Hier wird das untere Niveau durch das Muldentiefste dargestellt und die beiden Flügeln gemeinsame Streichlinie im untern

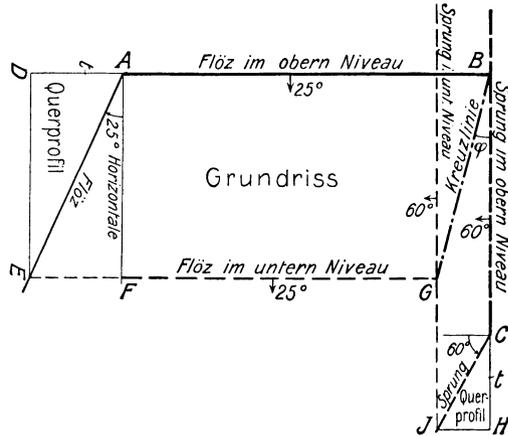


Fig. 182. Konstruktion der Kreuzlinie zwischen einem Flöz und einem querschlägigen Sprung. 1. Beispiel.

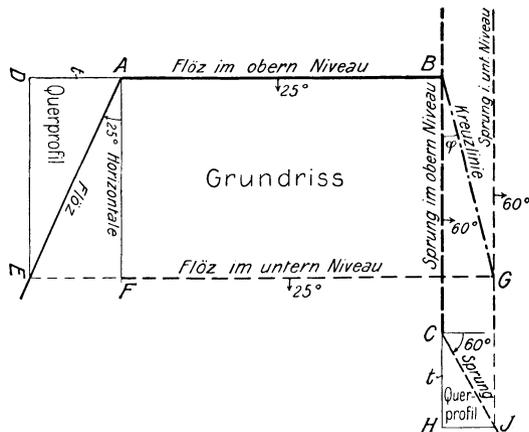


Fig. 183. Konstruktion der Kreuzlinie zwischen einem Flöz und einem querschlägigen Sprung. 2. Beispiel.

Niveau ist die Muldenlinie FG. Der Übergang von einem Muldenflügel zum andern ist in einer kleinen Rundung vollzogen, wie es den wirk-

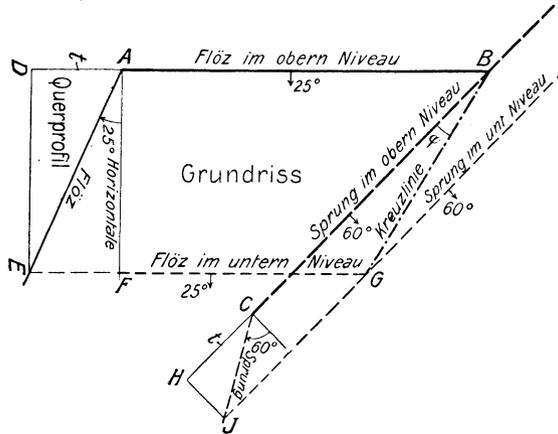


Fig. 184. Konstruktion der Kreuzlinie zwischen einem Flöz und einem rechtsinnigen, spießeckigen, echten Sprung.

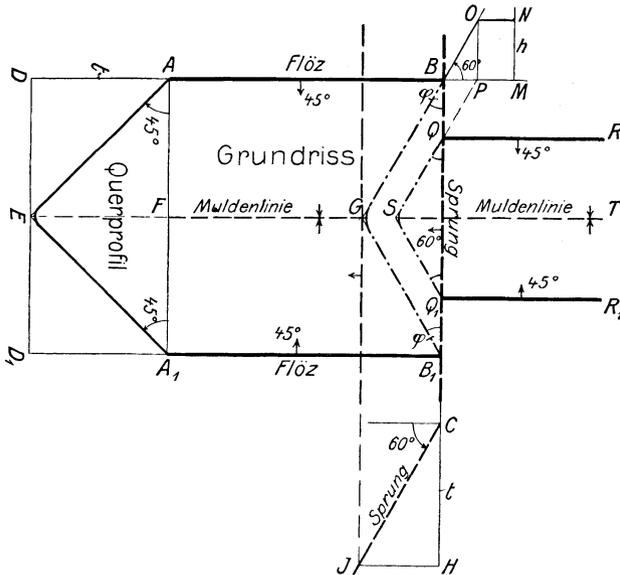


Fig. 185. Konstruktion der Kreuzlinien und des söhligem Verwurfs bei einer gleichschenkligen Mulde. Querschlägiger, echter Sprung.

lichen Verhältnissen nahe kommt. Infolgedessen gehen die beiden Kreuzlinien B C und B₁ C ebenfalls allmählich in einander über. In der Figur ist die Rundung nach Augenmaß eingetragen worden, will

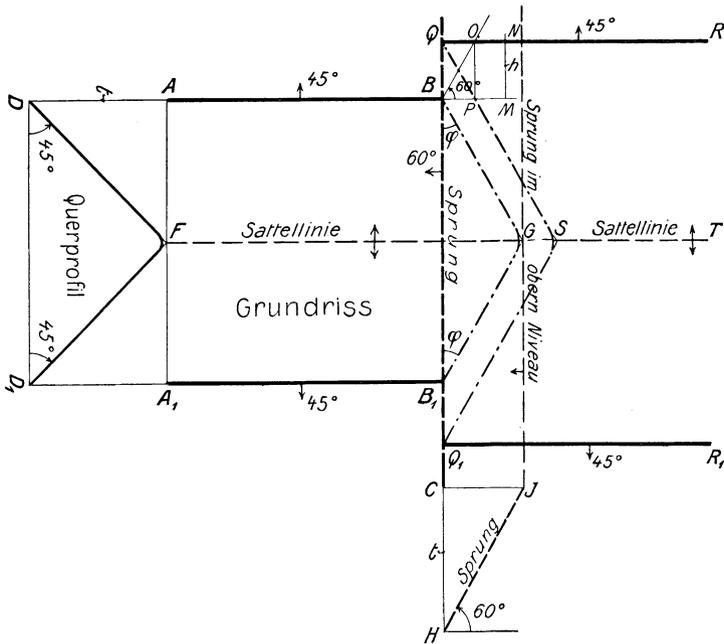


Fig. 186. Konstruktion der Kreuzlinien und des söglichen Verwurfes bei einem gleichschenkligen Sattel. Querschlägiger, echter Sprung.

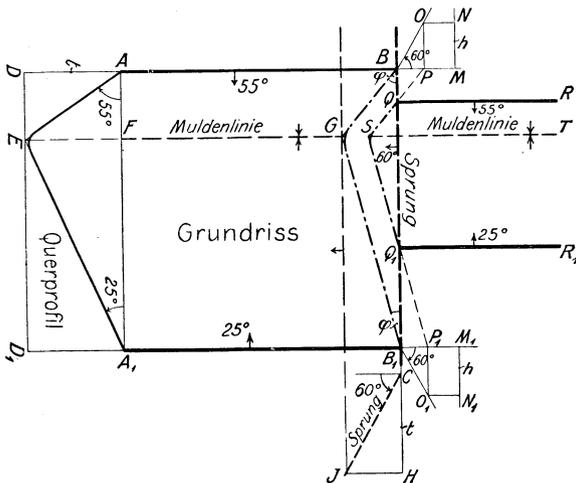


Fig. 187. Konstruktion der Kreuzlinien und des söglichen Verwurfes bei einer schiefen Mulde. Querschlägiger, echter Sprung.

man den Übergang genauer erhalten, so muß die Streichlinie J G des Sprunges im untern Niveau entsprechend der durch die Abrundung bei E entstandenen geringeren Teufe verschoben werden. Der rechte

Teil der Figur 185 enthält die Konstruktion des seitlichen Verwurfes der Muldenflügel, worüber im Absatz 136 die Rede sein wird.

In ähnlicher Weise wie in der Figur 185 bei der Mulde sind in Figur 186 die Kreuzlinien $B G$ und $B_1 G$ zwischen den beiden Flügeln eines regelmäßigen Sattels und eines querschlägigen Sprunges gezeichnet worden. Die beiden Flügeln gemeinsame Streichlinie, die Sattellinie $F G$ liegt natürlich im oberen Niveau, in folgedessen mußte auch die Streichlinie des Sprunges für das um die Teufe t höhere Niveau konstruiert werden.

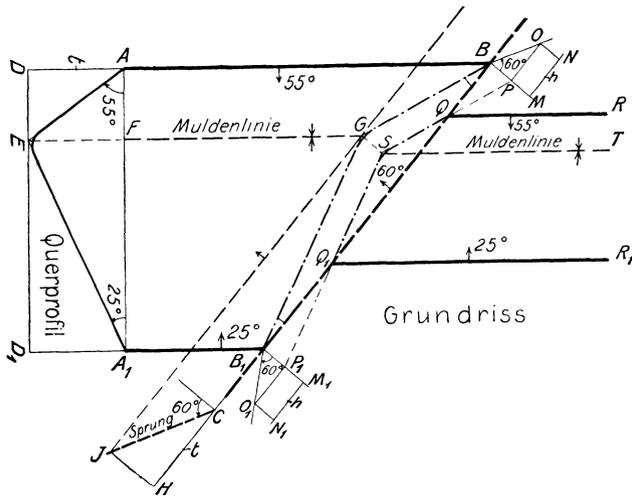


Fig. 188. Konstruktion der Kreuzlinien und des söhligigen Verwurfes bei einer schiefer Mulde. Spießbeckiger, echter Sprung.

Figur 187 zeigt den Verlauf der Kreuzlinien $B G$ und $B_1 G$ bei ungleichmäßigem Einfallen der beiden Muldenflügel, Figur 188 denselben Fall bei einem spießbeckigen Sprung.

Bei Überschiebungen und unechten Sprüngen (mit stumpfem Sprungwinkel) geht die Konstruktion der Kreuzlinien in derselben Weise vor sich, wie bei echten Sprüngen (vgl. die Figuren 189 und 190).

135. Ausrichtung von Störungen. Für die Ausrichtung von Störungen oder Verwerfungen sind Regeln aufgestellt worden. Die für fast alle Fälle gültige Regel von Carnall besagt:

Fährt man das Hangende des Verwerfers an, und ist der Sprungwinkel (φ in den Figuren 182—190) spitz, so hat man das verlorene Flözstück im Hangenden der Gebirgsschichten zu suchen; fährt man das Liegende des Verwerfers an, so ist hinter diesem ins Liegende der Gebirgsschichten aufzufahren.

Bei stumpfem Sprungwinkel, der nur vorkommen kann, wenn der Sprung flacher einfällt als die Lagerstätte (vgl. Fig. 190) und bei Überschiebungen (Fig. 189) ist die obige Regel umzukehren.

Die Beantwortung der Frage ob der Sprungwinkel spitz oder stumpf ist, ergibt sich nach der im vorigen Absatz besprochenen Konstruktion

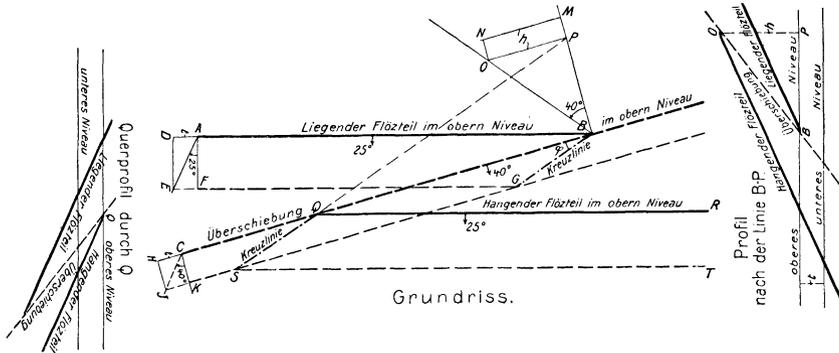


Fig 189. Konstruktion der Kreuzlinien und des söhligten Verwurfes bei einer Überschiebung.

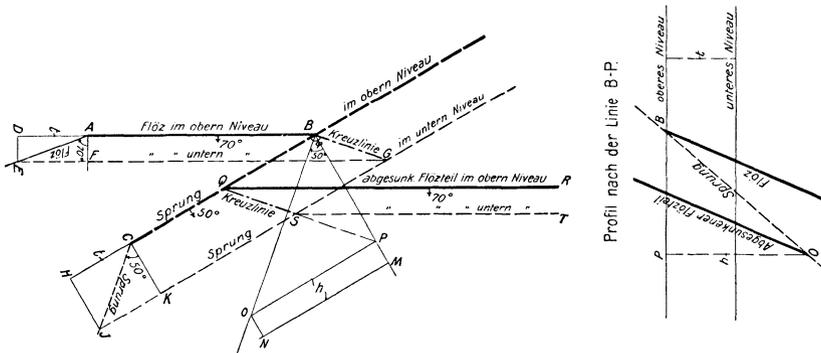


Fig. 190. Konstruktion der Kreuzlinien und des söhligten Verwurfes bei einem rechtsinnigen, spießbeckigen, unechten Sprung.

der Kreuzlinie. Das Maß des söhligten, seigeren oder flachen Verwurfes läßt sich zeichnerisch ermitteln (vgl. den folgenden Absatz).

136. Ermittlung der seitlichen Verschiebung einer verworfenen Lagerstätte aus dem seigeren Verwurf einer Störung und umgekehrt. Unter dem seigeren Verwurf eines Sprunges oder einer Überschiebung versteht man den in der Richtung der Schwerkraft gemessenen Abstand des verworfenen Teiles der Lagerstätte von dem gesunden Teile. In den

Figuren 185—190 ist der seigere Verwurf mit h bezeichnet. Söhliger Verwurf (in den Figuren 185—190 die Strecke BP) ist die söhlige Projektion der flachen Verwurfshöhe, also des von einem Punkt des verworfenen Teiles der Lagerstätte auf der Ebene des Verwerfers tatsächlich zurückgelegten Weges (OB bzw. BO in den Figuren 185 bis 190).

Mit wenigen Ausnahmen haben alle Störungen seitliche Verschiebungen des verworfenen Teiles der Lagerstätte im Gefolge. Man versteht unter einer solchen seitlichen Verschiebung die in der Streichrichtung des Verwerfers gemessene söhlige Entfernung beider Teile der Lagerstätte. Bei genau querschlägig streichenden Sprüngen ist die querschlägige Ausrichtungsstrecke gleich der seitlichen Verschiebung, bei spießbeckigen Sprüngen und Überschiebungen ist die Ausrichtungsstrecke kürzer. Die seitliche Verschiebung ist in den Figuren 185—190 mit BQ bzw. BQ_1 bezeichnet.

Eine sehr häufig vorkommende Aufgabe ist nun die, aus dem seigeren Verwurf die seitliche Verschiebung und umgekehrt aus der letzteren den seigeren Verwurf zu konstruieren. Es bestehen auch einfache rechnerische Beziehungen zwischen diesen Größen, jedoch empfiehlt sich immer eine Zeichnung, weil sie ein Bild der Verhältnisse gibt. In der Figur 185 ist das Flöz bei B und B_1 durch einen Sprung abgeschnitten. Es entsteht die Frage, wo die verworfenen Flügel der Mulde liegen. Zur Beantwortung dieser Frage ist die Kenntnis des seigeren Verwurfs erforderlich, in dem vorliegenden Falle sei er gleich h . Die Konstruktion des seitlichen Verwurfes geht dann in folgender Weise vor sich: Man zeichnet zunächst in der im Absatz 134 besprochenen Weise die Kreuzlinie BG , errichtet dann in B eine beliebig lange Senkrechte BM auf der Streichlinie der Störung und legt daran den Fallwinkel der letzteren. Bei echten Sprüngen und Überschiebungen ist die Senkrechte ins Liegende, bei unechten Sprüngen ins Hangende zu ziehen. Darauf errichtet man auf BM die Senkrechte $MN = h$, zieht durch N die Parallele zu MB und fällt von dem Schnittpunkt O das Lot OP auf BM , dann ist OP offenbar auch gleich h . Zieht man nun von P aus die Parallele zur Kreuzlinie BG , so schneidet sie die Streichlinie des Sprunges im Punkte Q , in welchem der gesuchte Flözflügel ansetzt. BQ ist dann der seitliche Verwurf, QS die Kreuzlinie zwischen der Störung und dem gesuchten Flözflügel.

Auf dem gegenüberliegenden Flügel der in der Figur 185 dargestellten Mulde ist die vorstehende Konstruktion zu wiederholen; wie man sofort sieht, muß die seitliche Verschiebung $B_1Q_1 = BQ$ werden, weil die beiden Muldenflügel gleiches Einfallen besitzen und der Fallwinkel des Sprunges bei B_1 gleich dem bei B ist, nämlich 60° . Bei ungleichmäßigem Einfallen von Mulden- und Sattelflügeln (vgl. die Fig. 187

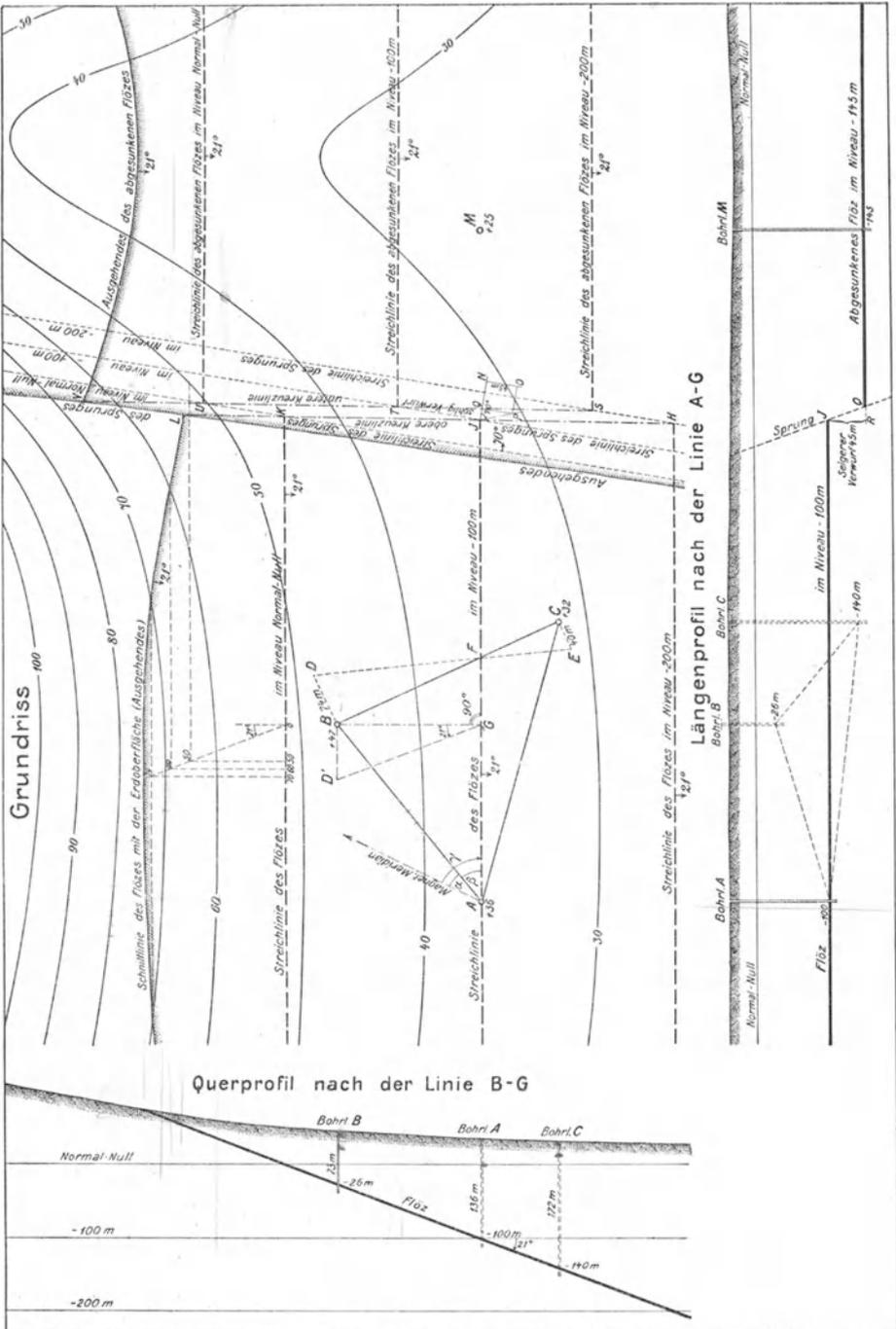


Fig. 191. Zu den Absätzen 137 und 138 des Textes.

und 188) ergeben sich auch ungleiche seitliche Verschiebungen, im übrigen ist die Konstruktion aber in allen Fällen dieselbe (vgl. die Fig. 185—190). Besonderes Interesse beansprucht der in der Figur 188 dargestellte Fall, in dem die Muldenlinie FG infolge des spießeckigen Sprunges seitlich nach ST verschoben wird. Eine solche Verschiebung von Mulden- und Sattellinien tritt bei allen spießeckigen Sprüngen ein, auch bei gleichem Einfallen der beiden Flözflügel. Die Größe der Verschiebung ergibt sich aus dem Schnitt der beiden Kreuzlinien QS und Q_1S .

Wenn statt des seigeren Verwurfes die seitliche Verschiebung gegeben ist, so ist die obige Konstruktion umzukehren. Man zeichnet dann zuerst die Kreuzlinie BG , zieht zu dieser die Parallele QP , legt an BP den Fallwinkel des Sprunges an und erhält in PO den seigeren Verwurf. In BP und BO sind ohne weiteres auch der söhliche und flache Verwurf gegeben.

Wegen der Konstruktion von Kreuzlinien und des söhlichen Verwurfes eines Sprunges siehe auch die Figur 191. Die Schnittlinie des stehengebliebenen Flözteilens mit der Sprungebene ist dort als „obere“ Kreuzlinie, die des abgesunkenen Teiles als „untere“ Kreuzlinie bezeichnet. Der seigere Verwurf von 45 m ist dort durch das Bohrloch M ermittelt.

137. Das Streichen und Fallen eines Flözes aus den Aufschlüssen in drei Bohrlöchern bestimmen. Wenn ein Flöz durch drei nicht in einer geraden Linie liegenden Bohrlöcher aufgeschlossen worden ist, so lassen sich Streichen und Fallen desselben rechnerisch und zeichnerisch ermitteln. Es ist dazu nur die Kenntnis der horizontalen Entfernungen der Bohrlöcher von einander und die Höhenlage der drei Punkte erforderlich, in denen das Flöz aufgeschlossen worden ist. Letztere erhält man dadurch, daß man die Höhe der Bohrlochöffnungen (Mundlöcher) aus einer Karte mit Höhenkurven oder durch Nivellement bestimmt und in den einzelnen Bohrlöchern die Teufe bis zu dem betreffenden Flöz mißt. In der Figur 191 sind A, B, C die drei Bohrlöcher im Grundriß, im Querprofil und im Längenprofil. Für die Konstruktion ist nur der Grundriß erforderlich, jedoch wird das Bild durch die Profile zweckmäßig ergänzt. Die Öffnungen der Bohrlöcher ergeben sich aus den Höhenkurven (im Grundriß) zu 36, 47 und 32 m über Normal Null. Betragen nun die Teufen bis zum Flöz 136, 73 und 172 m (vgl. das Querprofil), so ergibt sich, daß das Flöz im Bohrloch A bei -100 m, in B bei -26 m und in C bei -140 m angefahren worden ist.

Man bestimmt nun mit Hilfe dieser Zahlen zunächst das Streichen des Flözes im mittleren Niveau, also bei -100 m im Bohrloch A . Da der Aufschluß in B höher, in C aber tiefer liegt als in A , so muß eine durch A gezogene Streichlinie die Linie BC schneiden. Der Schnitt-

punkt ergibt sich durch Teilung der Linie BC proportional dem Höhenunterschiede der Aufschlußpunkte in B und C gegen A . Verbindet man A , B und C im Grundriß durch gerade Linien, errichtet in B und C auf BC die Senkrechten BD und CE , macht sie gleich den Höhenunterschieden der Aufschlüsse gegen A , also $BD = 100 \text{ m} - 26 \text{ m} = 74 \text{ m}$, $CE = 140 \text{ m} - 100 \text{ m} = 40 \text{ m}$ und zieht die Verbindungslinie DE , so schneidet diese die Linie BC in einem Punkte der Streichlinie durch A . AF ist also die gesuchte Streichlinie des Flözes im Niveau -100 m . Wenn nun α der Streichwinkel der Linie AB , β der Winkel zwischen AB und AF ist, so ergibt sich das Streichen des Flözes aus $\alpha + \beta = \gamma$. Die Winkel α und β können mit einer Gradscheibe gemessen werden; enthält die Zeichnung den astronomischen Meridian, so ist die Deklination zu addieren.

Die in der Figur 191 gezeichneten Streichlinien in den Niveaus Normal-Null und -200 m ergeben sich in einfacher Weise mit Hilfe des Querprofils.

Die Richtung des Einfallens des Flözes folgt aus der einfachen Überlegung, daß der Aufschluß im Norden in B am höchsten, im Süden in C am tiefsten liegt; infolgedessen muß das Flöz nach Süden hin einfallen.

Der Fallwinkel kann mit einer Gradscheibe aus dem Querprofil entnommen werden und beträgt in der Figur 191 21° . Denselben Winkel erhält man, wenn man im Grundriß die Falllinie BG zieht, auf dieser in B die Senkrechte $BD' = BD = 74 \text{ m}$ errichtet und den Fallwinkel BGD' mit einer Gradscheibe abnimmt.

Die Lösung der Aufgabe der drei Bohrlöcher ist wie bereits erwähnt, nur möglich, wenn die Bohrlöcher nicht in einer geraden Linie liegen, im übrigen ist Voraussetzung, daß die Streichlinie und der Fallwinkel regelmäßig sind. Außerdem dürfen in dem von den drei Bohrlöchern eingeschlossenen Gebiet keine Verwerfungen liegen.

138. Das Ausgehende einer Lagerstätte und einer Störung zeichnen. Das Ausgehende einer Lagerstätte ist ihr Schnitt mit der Erdoberfläche. Man muß in der Zeichnung also die Punkte in der Lagerstätte und an der Erdoberfläche aufsuchen, welche gleich hoch liegen. Solche Punkte ergeben sich aus dem Schnitt der Streichlinien des Flözes mit den entsprechenden Höhenkurven des Geländes. Verbindet man diese Schnittpunkte, so erhält man das Ausgehende. In einer Ebene ist das Ausgehende eine gerade Linie, falls die Streichlinie der Lagerstätte gradlinig verläuft und ihr Fallwinkel sich nicht ändert. An einem Bergabhang ist die Schnittlinie nach oben gekrümmt, wenn die Lagerstätte in der Richtung des Abhanges einfällt, bei einem Talhang liegt die konvexe Seite nach unten (siehe Fig. 191). Fällt das Flöz nach der entgegengesetzten Richtung, so liegen auch die Kurven umgekehrt. Die Zeichnung des Ausgehenden geht in folgender Weise vor sich: Auf irgend

einer Streichlinie, in der Figur 191 beispielsweise im Niveau Normal-Null, errichtet man eine Senkrechte und legt an diese den Fallwinkel des Flözes. Von dem Fußpunkte (0) der letzteren trägt man auf der Streichlinie in dem Maßstab der Zeichnung diejenigen Höhen (50, 60, 70 m) ab, in denen die Lagerstätte die Erdoberfläche voraussichtlich schneiden wird (man ersieht diese ungefähre Höhe leicht aus dem Querprofil), errichtet in den Endpunkten Senkrechten auf der Streichlinie bis zum Schnitt mit dem Schenkel des Fallwinkels. Durch die entsprechenden Schnittpunkte zieht man Parallele zu der Streichrichtung und verbindet deren Schnittpunkte mit den Höhenkurven (50, 60, 70 m). Die Verbindungslinie stellt das Ausgehende dar.

Für den abgesunkenen Flözteil in der Figur 191 ist die Konstruktion des Ausgehenden nicht eingezeichnet worden, weil sie nur eine Wiederholung derjenigen westlich des Sprunges ist.

Bei einer Störung ist dasselbe Verfahren anzuwenden, nur muß hier der entsprechende Fallwinkel (in Fig. 191 70°) angetragen werden.

Anhang.

Zahlentafeln der Seigerteufen und Sohlen.

Die umstehenden Zahlentafeln enthalten die Seigerteufen und Sohlen für die Neigungswinkel 0° bis 90° und die flachen Längen 1 m bis 10 m. Demnach können die Seigerteufen und Sohlen für ganze Grade und volle Meter unmittelbar abgelesen werden. Z. B. entnimmt man die zu einem Neigungswinkel von 40° und einer flachen Länge von 7 m gehörige Seigerteufe 4,50 m der Zahlentafel auf Seite 1, während die entsprechende Sohle 5,36 m gegenüber auf Seite 2 steht.

Bei Neigungswinkeln, die zwischen zwei vollen Graden liegen, muß man zwischen den beiden benachbarten Tafelwerten einrechnen. Für $40,3^{\circ}$ erhält man die Seigerteufe $4,50 + \frac{0,09}{10} \cdot 3 = 4,50 + 0,03 = 4,53$ m, für die entsprechende Sohle $5,36 - \frac{0,08}{10} \cdot 3 = 5,36 - 0,02 = 5,34$ m.

Andererseits kann man auch Bruchteile von Metern einrechnen und erhält z. B. für 40° und 7,5 m die Seigerteufe $\frac{4,50 + 5,14}{2} = 4,82$ m und die Sohle $\frac{5,36 + 6,13}{2} = 5,74$ m.

Endlich ist es auch möglich, zwischen den vollen Graden und den vollen Metern einzurechnen, indem man nacheinander zwischen den Tafelwerten für zwei benachbarte volle Grade und darauf zwischen zwei benachbarten Metern einrechnet. Das Verfahren ist jedoch umständlich und nicht genau, es empfiehlt sich statt dessen die Verwendung einer ausführlicheren Zahlentafel der Seigerteufen und Sohlen.

Die umstehenden abgekürzten Tafeln leisten jedoch überall dort gute Dienste, wo entweder bei den flachen Längen volle Meter genommen sind oder wo überschlägige Berechnungen in Betracht kommen.

Wenn statt der flachen Länge die Seigerteufe oder die Sohle gegeben ist, letztere z. B. immer auf den Grundrissen des Grubenbildes, so läßt sich daraus in Verbindung mit dem gegebenen Neigungswinkel die flache Länge oder flache Bauhöhe berechnen (vgl. hierzu jedoch die einfachere Zahlentafel auf Seite 179).

Seigerteufe.

Neigungswinkel	Flache Länge									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Grad	Seigerteufe in Metern.									
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17
2	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35
3	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,42	0,47	0,52
4	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70
5	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,78	0,87
6	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,05
7	0,12	0,24	0,37	0,49	0,61	0,73	0,85	0,97	1,10	1,22
8	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,97	1,11	1,25	1,39
9	0,16	0,31	0,47	0,63	0,78	0,94	1,10	1,25	1,41	1,56
10	0,17	0,35	0,52	0,69	0,87	1,04	1,22	1,39	1,56	1,74
11	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,34	1,53	1,72	1,91
12	0,21	0,42	0,62	0,83	1,04	1,25	1,46	1,66	1,87	2,08
13	0,22	0,45	0,67	0,90	1,12	1,35	1,57	1,80	2,02	2,25
14	0,24	0,48	0,73	0,97	1,21	1,45	1,69	1,94	2,18	2,42
15	0,26	0,52	0,78	1,04	1,29	1,55	1,81	2,07	2,33	2,59
16	0,28	0,55	0,83	1,10	1,38	1,65	1,93	2,21	2,48	2,76
17	0,29	0,58	0,88	1,17	1,46	1,75	2,05	2,34	2,63	2,92
18	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09
19	0,33	0,65	0,98	1,30	1,63	1,95	2,28	2,60	2,93	3,26
20	0,34	0,68	1,03	1,37	1,71	2,05	2,39	2,74	3,08	3,42
21	0,36	0,72	1,08	1,43	1,79	2,15	2,51	2,87	3,23	3,58
22	0,37	0,75	1,12	1,50	1,87	2,25	2,62	3,00	3,37	3,75
23	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,34	2,74	3,13	3,52	3,91
24	0,41	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	2,85	3,25	3,66	4,07
25	0,42	0,85	1,27	1,69	2,11	2,54	2,96	3,38	3,80	4,23
26	0,44	0,88	1,32	1,75	2,19	2,63	3,07	3,51	3,95	4,38
27	0,45	0,91	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,63	4,09	4,54
28	0,47	0,94	1,41	1,88	2,35	2,82	3,29	3,76	4,23	4,69
29	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,91	3,39	3,88	4,36	4,85
30	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
31	0,52	1,03	1,55	2,06	2,58	3,09	3,61	4,12	4,64	5,15
32	0,53	1,06	1,59	2,12	2,65	3,18	3,71	4,24	4,77	5,30
33	0,54	1,09	1,63	2,18	2,72	3,27	3,81	4,36	4,90	5,45
34	0,56	1,12	1,68	2,24	2,80	3,36	3,91	4,47	5,03	5,59
35	0,57	1,15	1,72	2,29	2,87	3,44	4,02	4,59	5,16	5,74
36	0,59	1,18	1,76	2,35	2,94	3,53	4,11	4,70	5,29	5,88
37	0,60	1,20	1,81	2,41	3,01	3,61	4,21	4,81	5,42	6,02
38	0,62	1,23	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,93	5,54	6,16
39	0,63	1,26	1,89	2,52	3,15	3,78	4,41	5,03	5,66	6,29
40	0,64	1,29	1,93	2,57	3,21	3,86	4,50	5,14	5,79	6,43
41	0,66	1,31	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,90	6,56
42	0,67	1,34	2,01	2,68	3,35	4,01	4,68	5,35	6,02	6,69
43	0,68	1,36	2,05	2,73	3,41	4,09	4,77	5,46	6,14	6,82
44	0,69	1,39	2,08	2,78	3,47	4,17	4,86	5,56	6,25	6,95

Sohle.

Neigungswinkel	Flache Länge									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Grad	Sohle in Metern.									
0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
1	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
2	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	8,99	9,99
3	1,00	2,00	3,00	3,99	4,99	5,99	6,99	7,99	8,99	9,99
4	1,00	2,00	2,99	3,99	4,99	5,99	6,98	7,98	8,98	9,98
5	1,00	1,99	2,99	3,98	4,98	5,98	6,97	7,97	8,97	9,96
6	0,99	1,99	2,98	3,98	4,97	5,97	6,96	7,96	8,95	9,95
7	0,99	1,99	2,98	3,97	4,96	5,96	6,95	7,94	8,93	9,93
8	0,99	1,98	2,97	3,96	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	9,90
9	0,99	1,98	2,96	3,95	4,94	5,93	6,91	7,90	8,89	9,88
10	0,98	1,97	2,95	3,94	4,92	5,91	6,89	7,88	8,86	9,85
11	0,98	1,96	2,94	3,93	4,91	5,89	6,87	7,85	8,83	9,82
12	0,98	1,96	2,93	3,91	4,89	5,87	6,85	7,83	8,80	9,78
13	0,97	1,95	2,92	3,90	4,87	5,85	6,82	7,79	8,77	9,74
14	0,97	1,94	2,91	3,88	4,85	5,82	6,79	7,76	8,73	9,70
15	0,97	1,93	2,90	3,86	4,83	5,80	6,76	7,73	8,69	9,66
16	0,96	1,92	2,88	3,85	4,81	5,77	6,73	7,69	8,65	9,61
17	0,96	1,91	2,87	3,83	4,78	5,74	6,69	7,65	8,61	9,56
18	0,95	1,90	2,85	3,80	4,76	5,71	6,66	7,61	8,56	9,51
19	0,95	1,89	2,84	3,78	4,73	5,67	6,62	7,56	8,51	9,46
20	0,94	1,88	2,82	3,76	4,70	5,64	6,58	7,52	8,46	9,40
21	0,93	1,87	2,80	3,73	4,67	5,60	6,53	7,47	8,40	9,34
22	0,93	1,85	2,78	3,71	4,64	5,56	6,49	7,42	8,34	9,27
23	0,92	1,84	2,76	3,68	4,60	5,52	6,44	7,36	8,28	9,21
24	0,91	1,83	2,74	3,65	4,57	5,48	6,39	7,31	8,22	9,14
25	0,91	1,81	2,72	3,63	4,53	5,44	6,34	7,25	8,16	9,06
26	0,90	1,80	2,70	3,60	4,49	5,39	6,29	7,19	8,09	8,99
27	0,89	1,78	2,67	3,56	4,46	5,35	6,24	7,13	8,02	8,91
28	0,88	1,77	2,65	3,53	4,41	5,30	6,18	7,06	7,95	8,83
29	0,87	1,75	2,62	3,50	4,37	5,25	6,12	7,00	7,87	8,75
30	0,87	1,73	2,60	3,46	4,33	5,20	6,06	6,93	7,79	8,66
31	0,86	1,71	2,57	3,43	4,29	5,14	6,00	6,86	7,71	8,57
32	0,85	1,70	2,54	3,39	4,24	5,09	5,94	6,78	7,63	8,48
33	0,84	1,68	2,52	3,35	4,19	5,03	5,87	6,71	7,55	8,39
34	0,83	1,66	2,49	3,32	4,15	4,97	5,80	6,63	7,46	8,29
35	0,82	1,64	2,46	3,28	4,10	4,91	5,73	6,55	7,37	8,19
36	0,81	1,62	2,43	3,24	4,05	4,85	5,66	6,47	7,28	8,09
37	0,80	1,60	2,40	3,19	3,99	4,79	5,59	6,39	7,19	7,99
38	0,79	1,58	2,36	3,15	3,94	4,73	5,52	6,30	7,09	7,88
39	0,78	1,55	2,33	3,11	3,89	4,66	5,44	6,22	6,99	7,77
40	0,77	1,53	2,30	3,06	3,83	4,60	5,36	6,13	6,89	7,66
41	0,75	1,51	2,26	3,02	3,77	4,53	5,28	6,04	6,79	7,55
42	0,74	1,49	2,23	2,97	3,72	4,46	5,20	5,95	6,69	7,43
43	0,73	1,46	2,19	2,93	3,66	4,39	5,12	5,85	6,58	7,31
44	0,72	1,44	2,16	2,88	3,60	4,32	5,04	5,75	6,47	7,19

Seigerteufe.

Neigungswinkel	Flache Länge									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Grad	Seigerteufe in Metern.									
45	0,71	1,41	2,12	2,83	3,54	4,24	4,95	5,66	6,36	7,07
46	0,72	1,44	2,16	2,88	3,60	4,32	5,04	5,75	6,47	7,19
47	0,73	1,46	2,19	2,93	3,66	4,39	5,12	5,85	6,58	7,31
48	0,74	1,49	2,23	2,97	3,72	4,46	5,20	5,95	6,69	7,43
49	0,75	1,51	2,26	3,02	3,77	4,53	5,28	6,04	6,79	7,55
50	0,77	1,53	2,30	3,06	3,83	4,60	5,36	6,13	6,89	7,66
51	0,78	1,55	2,33	3,11	3,89	4,66	5,44	6,22	6,99	7,77
52	0,79	1,58	2,36	3,15	3,94	4,73	5,52	6,30	7,09	7,88
53	0,80	1,60	2,40	3,19	3,99	4,79	5,59	6,39	7,19	7,99
54	0,81	1,62	2,43	3,24	4,05	4,85	5,66	6,47	7,28	8,09
55	0,82	1,64	2,46	3,28	4,10	4,91	5,73	6,55	7,37	8,19
56	0,83	1,66	2,49	3,32	4,15	4,97	5,80	6,63	7,46	8,29
57	0,84	1,68	2,52	3,35	4,19	5,03	5,87	6,71	7,55	8,39
58	0,85	1,70	2,54	3,39	4,24	5,09	5,94	6,78	7,63	8,48
59	0,86	1,71	2,57	3,43	4,29	5,14	6,00	6,86	7,71	8,57
60	0,87	1,73	2,60	3,46	4,33	5,20	6,06	6,93	7,79	8,66
61	0,87	1,75	2,62	3,50	4,37	5,25	6,12	7,00	7,87	8,75
62	0,88	1,77	2,65	3,53	4,41	5,30	6,18	7,06	7,95	8,83
63	0,89	1,78	2,67	3,56	4,46	5,35	6,24	7,13	8,02	8,91
64	0,90	1,80	2,70	3,60	4,49	5,39	6,29	7,19	8,09	8,99
65	0,91	1,81	2,72	3,63	4,53	5,44	6,34	7,25	8,16	9,06
66	0,91	1,83	2,74	3,65	4,57	5,48	6,39	7,31	8,22	9,14
67	0,92	1,84	2,76	3,68	4,60	5,52	6,44	7,36	8,28	9,21
68	0,93	1,85	2,78	3,71	4,64	5,56	6,49	7,42	8,34	9,27
69	0,93	1,87	2,80	3,73	4,67	5,60	6,54	7,47	8,40	9,34
70	0,94	1,88	2,82	3,76	4,70	5,64	6,58	7,52	8,46	9,40
71	0,95	1,89	2,84	3,78	4,73	5,67	6,62	7,56	8,51	9,46
72	0,95	1,90	2,85	3,80	4,76	5,71	6,66	7,61	8,56	9,51
73	0,96	1,91	2,87	3,83	4,78	5,74	6,69	7,65	8,61	9,56
74	0,96	1,92	2,88	3,85	4,81	5,77	6,73	7,69	8,65	9,61
75	0,97	1,93	2,90	3,86	4,83	5,80	6,76	7,73	8,69	9,66
76	0,97	1,94	2,91	3,88	4,85	5,82	6,79	7,76	8,73	9,70
77	0,97	1,95	2,92	3,90	4,87	5,85	6,82	7,79	8,77	9,74
78	0,98	1,96	2,93	3,91	4,89	5,87	6,85	7,83	8,80	9,78
79	0,98	1,96	2,94	3,93	4,91	5,89	6,87	7,85	8,83	9,82
80	0,98	1,97	2,95	3,94	4,92	5,91	6,89	7,88	8,86	9,85
81	0,99	1,98	2,96	3,95	4,94	5,93	6,91	7,90	8,89	9,88
82	0,99	1,98	2,97	3,96	4,95	5,94	6,93	7,92	8,91	9,90
83	0,99	1,99	2,98	3,97	4,96	5,96	6,95	7,94	8,93	9,93
84	0,99	1,99	2,98	3,98	4,97	5,97	6,96	7,96	8,95	9,95
85	1,00	1,99	2,99	3,98	4,98	5,98	6,97	7,97	8,97	9,96
86	1,00	2,00	2,99	3,99	4,99	5,99	6,98	7,98	8,98	9,98
87	1,00	2,00	3,00	3,99	4,99	5,99	6,99	7,99	8,99	9,99
88	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	8,99	9,99
89	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
90	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00

Sohle.

Neigungswinkel	Fläche Länge									
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m
Grad	Sohle in Metern.									
45	0,71	1,41	2,12	2,83	3,54	4,24	4,95	5,66	6,36	7,07
46	0,69	1,39	2,08	2,78	3,47	4,17	4,86	5,56	6,25	6,95
47	0,68	1,36	2,05	2,73	3,41	4,09	4,77	5,46	6,14	6,82
48	0,67	1,34	2,01	2,68	3,35	4,01	4,68	5,35	6,02	6,69
49	0,66	1,31	1,97	2,62	3,28	3,94	4,59	5,25	5,90	6,56
50	0,64	1,29	1,93	2,57	3,21	3,86	4,50	5,14	5,79	6,43
51	0,63	1,26	1,89	2,52	3,15	3,78	4,41	5,03	5,66	6,29
52	0,62	1,23	1,85	2,46	3,08	3,69	4,31	4,93	5,54	6,16
53	0,60	1,20	1,81	2,41	3,01	3,61	4,21	4,81	5,42	6,02
54	0,59	1,18	1,76	2,35	2,94	3,53	4,11	4,70	5,29	5,88
55	0,57	1,15	1,72	2,29	2,87	3,44	4,02	4,59	5,16	5,74
56	0,56	1,12	1,68	2,24	2,80	3,36	3,91	4,47	5,03	5,59
57	0,54	1,09	1,63	2,18	2,72	3,27	3,81	4,36	4,90	5,45
58	0,53	1,06	1,59	2,12	2,65	3,18	3,71	4,24	4,77	5,30
59	0,52	1,03	1,55	2,06	2,58	3,09	3,61	4,12	4,64	5,15
60	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
61	0,48	0,97	1,45	1,94	2,42	2,91	3,39	3,88	4,36	4,85
62	0,47	0,94	1,41	1,88	2,35	2,82	3,29	3,76	4,23	4,69
63	0,45	0,91	1,36	1,82	2,27	2,72	3,18	3,63	4,09	4,54
64	0,44	0,88	1,32	1,75	2,19	2,63	3,07	3,51	3,95	4,38
65	0,42	0,85	1,27	1,69	2,11	2,54	2,96	3,38	3,80	4,23
66	0,41	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	2,85	3,25	3,66	4,07
67	0,39	0,78	1,17	1,56	1,95	2,34	2,74	3,13	3,52	3,91
68	0,37	0,75	1,12	1,50	1,87	2,25	2,62	3,00	3,37	3,75
69	0,36	0,72	1,08	1,43	1,79	2,15	2,51	2,87	3,23	3,58
70	0,34	0,68	1,03	1,37	1,71	2,05	2,39	2,74	3,08	3,42
71	0,33	0,65	0,98	1,30	1,63	1,95	2,28	2,60	2,93	3,26
72	0,31	0,62	0,93	1,24	1,55	1,85	2,16	2,47	2,78	3,09
73	0,29	0,58	0,88	1,17	1,46	1,75	2,05	2,34	2,63	2,92
74	0,28	0,55	0,83	1,10	1,38	1,65	1,93	2,21	2,48	2,76
75	0,26	0,52	0,78	1,04	1,29	1,55	1,81	2,07	2,33	2,59
76	0,24	0,48	0,73	0,97	1,21	1,45	1,69	1,94	2,18	2,42
77	0,22	0,45	0,67	0,90	1,12	1,35	1,57	1,80	2,02	2,25
78	0,21	0,42	0,62	0,83	1,04	1,25	1,46	1,66	1,87	2,08
79	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,34	1,53	1,72	1,91
80	0,17	0,35	0,52	0,69	0,87	1,04	1,22	1,39	1,56	1,74
81	0,16	0,31	0,47	0,63	0,78	0,94	1,10	1,25	1,41	1,56
82	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84	0,97	1,11	1,25	1,39
83	0,12	0,24	0,37	0,49	0,61	0,73	0,85	0,97	1,10	1,22
84	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,05
85	0,09	0,17	0,26	0,35	0,44	0,52	0,61	0,70	0,78	0,87
86	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63	0,70
87	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,31	0,37	0,42	0,47	0,52
88	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0,35
89	0,02	0,03	0,05	0,07	0,09	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17
90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Sachregister.

(Die Zahlen geben die Seiten an.)

- Ablenkung der Kompaßnadel 102.
Abnahme einer Stunde 180.
Abplattung der Erde 5.
Abszissen 16 u. f., 57.
Abszissenachse 17, 19.
Abstecken einer Linie 40.
— paralleler Linien 59.
— rechter Winkel 50 u. f.
— einer Kurve 192 u. f.
Abtrag 153.
Abweichung, magnetische 80.
Äquator 4, 5.
— magnetischer 79.
Alhidade 115.
Alte Längenmaße 34.
Anschluß der Grubenmessungen an die Tagesmessungen 113.
Anschlußdreiecke 114.
Antipodenpunkt 7.
Ar 62.
Astronomischer Meridian 7.
Auffahren nach einer Stunde 182.
Aufgangspunkt der Gestirne 8.
Aufgaben aus der Markscheidekunde 172 u. f.
Aufgabe der drei Bohrlöcher 202 u. f.
Aufnahmelinie 57.
Aufnahme von Gebirgsschichten 177 u. f.
—, Tagesanlagen 57.
Auftrag 153.
Ausfluchten einer Linie 40.
Ausgehendes, Bestimmung 203 u. f.
Ausrichtung von Störungen 198 u. f.
Azimut 10, 87, 90.
- Basis** 15.
Basismessung 15.
Bauhöhe, flache, Abhängigkeit vom Fallwinkel 179.
Berechtsamsrisse 168 u. f.
Bergmännische Karten 159 u. f.
- Bimler's Nivellement 132.
Blase einer Libelle 23 u. f.
Bleiwage 22, 23, 29.
Bochumer Koordinatensystem 17.
Bodenplatte 134.
Bohrlöcher, Bestimmung des Streichens und Fallens aus drei B. 202 u. f.
Bonner Basisnetz 16
Brechungswinkel 125.
Breitengrade 10, 12, 16.
Breitenkreise 10, 12, 16.
Bremsberg-Nivellement 183 u. f.
Bussole 106.
Bürgerlicher Tag 13.
- Casseler Kompaß (Hängezeug) 87.
- Deklination**, magnetische 80, 87, 91.
—, Änderung mit dem Orte 80.
—, Änderung mit der Zeit 82.
—, Abnahme in Bochum 84.
Deklinatorium 84.
Deklinationenkurven 83.
Diopter 52, 53.
Diopterinstrumente 52.
Doppelringe für Fluchtstäbe 31 u. f.
Dosenlibelle 23 u. f., 134.
Dreieck 61.
Dreiecksmessungen 15.
— der preußischen Landesaufnahme 15.
— im Rhein.-Westf. Steinkohlenbezirk 17.
Dreifuß 139.
Durchbiegung des Meßbandes 45.
Durchschlagsangaben, Richtung 183.
—, Höhe 190 u. f.
- Eigengewicht**, Einfluß beim freihängenden Meßband 45, 48, 49.
Einfallen, Bestimmung 174, 202 u. f.

- Einfluchten 40.
 Einheitszeit 13.
 Eisen, Einfluß auf die Magnetnadel
 102 u. f.
 Eisenscheibe 112.
 Ekliptik 9.
 Elektrische Ströme, Einfluß auf die
 Magnetnadel 102 u. f.
 Ellipsoid-Gestalt der Erde 5.
 Empfindlichkeit einer Libelle 26.
 Endmaß 34.
 Englische Meile 34.
 Erdabplattung 5.
 Erdachse 3, 5.
 Erddrehung 3.
 Erdmagnetismus 84.
 Erdmagnetische Störungsgebiete 82.
 Erdströme 85.
 Erdkrümmung 2, 156.
 Erdkugel, Einteilung 10.
 Errichten von Senkrechten 50 u. f.
 Exzentrizitätsfehler am Kompaß 93.
 — am Theodolit 116.

Fadenblende 117.
 Fadenkreuz 136.
 Falldreieck 175.
 Fallwinkel 27.
 —, direkte Bestimmung 174.
 —, Ermittlung aus dem Aufschluß
 in drei Bohrlöchern 202 u. f.
 Füllen von Senkrechten 52.
 Farben im Grubenbild 102 u. f.
 Fehler des Kompasses 91 u. f.
 — des Theodolits 121.
 — des Nivellierinstruments 136 u. f.
 Fehlergrenzen b. Längenmessung, 46, 47.
 — bei Schachtteufenmessungen 49.
 — bei Flächenaufnahmen 71, 72.
 — bei Flächenberechnungen 71, 72.
 — bei Kompaßmessungen 97.
 — bei Theodolitmessungen 126.
 — bei Nivellements 156.
 Felderkarten 169.
 Fernrohr 135.
 Festpunkte für Kompaßmessungen 32.
 — für Theodolitmessungen 32.
 — für Nivellements 129 u. f.
 Festpunkte, Bestimmungen über die
 Erhaltung 168.
 Festpunktnivellement 146 u. f.
 Flach 22.

 Flache Verwurfshöhe 200.
 Flächenaufnahmen 62 u. f.
 — Genauigkeit 71, 72.
 Flächenberechnung aus den Messungs-
 zahlen 63 u. f.
 — aus Koordinaten 66, 67.
 — aus Plänen 67.
 — durch Schätzung 68.
 — mit einem Polarplanimeter 68.
 — Genauigkeit 71, 72.
 Flächenmaße 62.
 Flächennivellement 154 u. f.
 Flözkarten 169 u. f.
 Fluchtstäbe 31.
 Fördergestänge richten 187 u. f.
 Foucaultscher Pendelversuch 4.
 Freiburger Kompaß (Hängezeug) 86.
 Fundamentalpunkt der preuß. Landes-
 aufnahme 15.
 Fundamentalrisse 159.
 Fuß (Längenmaß) 34.
 — (Flächenmaß) 62.
 Fundflöz 77.
 Fundgrube 74, 76.
 Fußpunkt 7, 74, 76.

Gebäudeaufnahme 57.
 Gebirgschichtenaufnahme 177 u. f.
 Gefällmesser 44.
 Gefällwasserwege 187 u. f.
 Gegenpunkt 7.
 Genauigkeit einer Flächenaufnahme 71,
 72.
 — einer Flächenberechnung 71, 72.
 — eines geometr. Nivellements 155.
 — eines Gradbogennivellements 96 u. f.
 100.
 — einer Kompaßmessung 97 u. f.
 — der Zulage eines Kompaßzuges 111.
 — einer Längenmessung 45.
 — einer Theodolitmessung 126.
 Geneigt 22.
 Geographische Breite 11.
 — Länge 12.
 — Koordinaten 12.
 — Meile 34.
 Geoid 5.
 Geologische Karten 170.
 Geologisches Profil 177.
 Geometrisches Nivellement 128 u. f.
 Gesichtskreis 2, 3.
 Gestalt der Erde 2.

- Geviertfelder, preußisch. 73, 74.
 —, in den übrigen deutschen Bundesstaaten 75.
 Gewitter, magnetische 91.
 Gradbogen 27 u. f.
 — an geneigter Schnur 96.
 Gradscheibe 109.
 Grubenbild 159 u. f.
 Grubenfelder 73.
 Gruben-Nivellierlatten 133.
 — Theodolite 115 u. f.
 Grubenmessungen, Anschluß 131.
 Grundnivellement des Oberbergamts Dortmund 132.

Hakenlinie des Gradbogens 28.
 — des Kompasses 85, 92.
 Hängelibelle 25 u. f.
 Hängekompaß, Casseler 86.
 —, Freiburger 86.
 Hängezeug 95.
 Hauptgrundriß 160, 162 u. f.
 Hektar 62.
 Himmelsrichtungen 9.
 Horizont 2, 7, 9.
 Horizontal 22.
 Horizontalebene 2, 22.
 Höhendurchschlagsangabe 190 u. f.
 Höhenfestpunkte 129.
 Höhenkurven 154.
 Höhenmessungen 127 u. f.
 Höhenunterschied 127.
 Höhenwinkel, Messung 118.

Inklinatlon der Magnetnadel 79.
 Isoklinen 79.
 Isogonen 82.

Kanalwage 127.
 Kardinalpunkte 9.
 Karten, bergmännische und geologische 159 u. f.
 Kartierung 59, 66.
 Kette 36.
 Kettenzieher 95.
 Kippachsenfehler am Kompaß 92.
 — am Theodolit 121.
 Kohlenberechnung 178.
 Kollimationsfehler am Kompaß 92.
 — am Theodolit 121.
 Komparator für Meßlatten 37, 38.
 — für Meßbänder 38, 39.

 Kompassator für Meßketten 39, 40.
 Kompaß des Markscheiders 85 u. f.
 Kompaßmessung 79 u. f.
 Kompaßrose 10.
 Kompaßstufe 32.
 Kompaßzug 94 u. f.
 —, Beispiel 98.
 —, Zulage 107.
 Konsolidationsrisse 169.
 Konvergenz, der Lote 6.
 —, der Meridiane 20, 21.
 Koordinaten, geographische 12.
 —, rechtwinklig-ebene 16.
 —, rechtwinklig-sphärische 16.
 —, Auftragung auf Pläne 61, 62.
 Koordinatennetz 12.
 Koordinatensystem 17.
 Kopfmarscheiden 78.
 Kreiskurven, Abstecken 192 u. f.
 Kreuzlinien 194.
 —, Konstruktion 194 u. f.
 Kreuzschnüre 105.
 Krümmungshalbmesser einer Libelle 26.
 Kulmination 13.
 Kurvenabstecken 192 u. f.
 Kugelgestalt der Erde 2.

Lachter 34, 62.
 Lageaufnahmen, kleine über Tage 57.
 Lagepläne, Herstellung 57.
 Landesaufnahme, preußische, Dreiecksmessungen 15.
 —, Karten 16.
 —, Nivellements 128 u. f.
 Landesvermessung, preußische 11.
 Landeshorizont 128 u. f.
 Lattenprobe 94.
 Lattenrichter 31.
 Länge, geographische 12.
 Längeneinheit 33.
 Längenfelder 76, 77, 100.
 Längengrad 12.
 Längenkreis 12, 16.
 Längenmaße 34.
 Längenmeßwerkzeuge 33 u. f.
 —, Prüfung 37 u. f.
 Längenmessungen, mit Meßlatten 42, 43.
 —, mit der Meßkette 45.
 —, mit dem Meßband 43 u. f.
 —, Genauigkeit 45 u. f.
 Längung freihängender Meßbänder durch Eigengewicht 48, 49.

- Längennivellement 150 u. f.
 Längenprofil 152, 160.
 Längenunterschied, geographischer 13.
 Libelle 23.
 Libellenachse 26.
 Libellenspielpunkt 25.
 Libellenquadrant 27.
 Limbus 115.
 Linien gleicher Deklination 80.
 Lochstein 74.
 Lot 22.
 Lotkonvergenz 6.
 Lotrecht 22.
 Lotrichtung 5, 22.
 Lupe 116.
- M**auerbolzen 129.
 Mächtigkeit einer Gebirgsschicht 176.
 —, Bestimmung 176 u. f.
 Magneteisenstein 82.
 Magnetisches Gewitter 91.
 Magnetischer Äquator 79.
 Magnetischer Meridian 80.
 —, Änderung mit dem Orte 80.
 —, Änderung mit der Zeit 82.
 Magnetischer Nordpol 79.
 — Südpol 79.
 Magnetonadel 79.
 —, Ablenkung durch Eisen 102 u. f.
 —, Ablenkung durch elektr. Ströme 102 u. f.
 Magnetograph 82, 83.
 Magnetometer 82.
 Markscheide 73.
 Markscheiderkompaß 85 u. f.
 Markscheidesicherheitspfeiler 161.
 Markscheiderstufe 32, 33.
 Markscheiderzeichen 32, 33.
 —, Bestimmung über die Erhaltung 33, 168.
 Maße 74, 76.
 Maßenberechnung 152 u. f.
 Maßstab 60.
 Maximalfeld 73.
 Meile 34.
 Mergelsicherheitspfeiler 161.
 Meridian, astronomischer 7.
 —, von Ferro 11.
 —, von Greenwich 11.
 —, magnetischer 80.
 Meridianbestimmung, astronomische 90.
 Meridianebene 7.
- Meridiankonvergenz 21.
 Meridiankreis 7.
 Meßbänder 34 u. f.
 Meßketten 36.
 Meßlatten 34 u. f.
 Messingdraht 36.
 Meßkeil 37.
 Meßtischblatt 14.
 Mikrometerschraube 115 u. f.
 Mikroskop 116.
 Mikroskoptheodolit 116.
 Mittag 12.
 Mittagslinie 7.
 Mitteleuropäische Zeit 14.
 Mitternacht 13.
 Morgen (Flächenmaß) 62.
 Mutungsübersichtskarte 74, 169.
 Mutungsrisse 168.
- N**adir 7.
 Nachtbogen 8.
 Nachtragung der Grubenbilder 166.
 Netzlinien 21.
 Neigungsfehler am Kompaß 93.
 —, Einfluß auf den Streichwinkel 93.
 Neigungsmesser 28.
 Neigungswinkel 27.
 —, Einfluß eines Fehlers auf die Seigerteufen und Sohlen 100.
 Niveaufläche 129.
 Nivellement, aus der Mitte 128.
 —, einfach 128.
 —, geometrisches 128 u. f.
 —, geometrisches der preuß. Landesaufnahme 128 u. f.
 —, —, des Ministeriums der öffentl. Arbeiten, Seibt 131.
 —, —, des Oberbergamts Dortmund, Bimler 132.
 —, —, der Zechen 132.
 —, trigonometrisches 128, 158.
 —, physikalisches 128.
 —, Fehlergrenzen 155.
 —, Ausführung u. Berechnung 144 u. f.
 —, eines Bremsberges 183 u. f.
 —, einer Sohlenstrecke 189 u. f.
 —, Festpunkt 146 u. f.
 —, Genauigkeit 155.
 —, zusammengesetztes 144.
 Nivellementsbolzen 129 u. f.
 Nivellementslinien im Rhein.-Westf. Steinkohlenbezirk 131.

- Nivellierinstrumente 135 u. ff.
 Nivellierlatten 133, 134.
 Nonius 110, 116.
 Nordpol 3.
 —, magnetischer 79.
 Nord-Süd-Richtung 7.
 Normalhöhenpunkt 129.
 Normal-Null 129.
 Normalmeter 33, 37.
 Normalprofil 170, 171.
 Nullmeridian 11, 18.
 Nummerbolzen 129.
- O**bjektiv 135.
 Okular 135.
 Ordinaten 16 u. f., 57.
 Ordinatenachse 18, 19.
 Orientierungsfehler am Kompaß 92.
 Orientierungslinie 90.
 Ortszeit 13.
 Ostpunkt 8.
- P**apiereingang 62, 70, 71.
 Parallele Linien, Abstecken 59.
 Parallele zum Meridian von Bochum 21.
 Parallelkreise 10.
 Pendel, Foncault 4.
 Pfriemen 37.
 Phosphorbronzedraht 37.
 Physikalische Höhenmessungen 128.
 Polarlicht 85.
 Polarplanimeter 68 u. f.
 Polarstern 11.
 Polhöhe 11.
 Polygonwinkel 112.
 Polygonzug 59, 112 u. f.
 Präzisionsmessungen, Bestimmung über die Ausführung 167.
 Profile, 159, 163, 177 u. f. Tafel III.
 Prüfung des Nivellierinstrumentes 138 u. f.
 Punktbezeichnung bei Kompaßmessungen 32, 33.
 — bei Theodolitmessungen 30 u. f.
 — bei Nivellements 129.
- Q**uadratura principalis 77.
 Querprofil 152, 160.
- R**echte Winkel, Abstecken 50 u. f.
 Rechtwinklige Koordinaten 16.
- Repetitionstheodolit 116 u. f.
 Reversionslatte 133.
 Reversionslibelle 141.
 Reiterlibelle 25.
 Röhrenlibelle 23 u. f.
 Richtlatte 26.
 Richtstäbe 43.
 Richtungsübertragung durch einen Schacht 113, 114.
 Richtungswinkel 21.
 Ringeisen 32.
 Röhrenlibelle 24, 119, 135.
 Rollenstahlmeßband 35 u. f.
 Rotation der Erde 3.
 Rotationsellipsoid 5.
 Rückwärtseinschneiden 113.
 Rute (Längenmaß) 34.
 — (Flächenmaß) 62.
- S**äkularvariation des Erdmagnetismus 84.
 Schachtlotungen 113 u. f.
 Schachtteufenmessungen 47 u. f.
 Schaulöcher 52 u. f.
 Scheitelpunkt 7.
 Schienenlinie eines Bremsberges 186.
 Schwerkraft 21.
 Seemeile 34.
 Seibt'sches Nivellement 131.
 Seiger 22.
 —, Verwurf 199.
 Seigerteufe 41, 96.
 —, Zahlentafeln 205 ff.
 Seitwärtseinschneiden 113.
 Setzlibelle 25 u. f.
 Setzniveau 27.
 Setzwage 22.
 Sicherheitspfeiler 161 u. Tafeln.
 Signalbauten 15.
 Situationsriß 160, 161; Tafel I.
 Sohle 41, 96.
 —, Ausgleichen der 189.
 —, Zahlentafeln 205.
 Sohlenfarben beim Grubenbild 162.
 Söhlig 22.
 Söhlinger Verwurf 200.
 Spannungsmesser 36.
 Sperrvorrichtung am Kompaß 85, 87.
 Spezial-Abbaurisse 164 u. f.; Taf. IV u. V.
 Spezial-Grundriß 164 u. f.
 — -Seigerriß 16 u. f.
 Spiegelinstrumente 54 u. f.

- Spielpunkt einer Libelle 25.
 Springstände 106.
 Staffelmessung 43.
 Stahlmeßband 35 u. f.
 Stativ 137, 138.
 Sterntag 13.
 Störungen, Ausrichtung 18, 198 u. f.
 Störungsgebiete, magnetische 82.
 Streckennivellement 189 u. f.
 Streichen 87, 90.
 —, Bestimmung des 172 u. f.
 Streichlinie 174.
 Streichwinkel, Bestimmung 172 u. f.
 Strichmaß 34.
 Stufe, Kompaß- 32.
 —, Theodolit- 32.
 Stunde, 181.
 —, Auffahren nach einer 182 u. f.
 —, Verwandlung in Grade 89.
 Stundehängen mit dem Kompaß 180 u. f.
 Stundeneinteilung am Kompaß 87.
 Südpol 3.
 —, magnetischer 79.
 Schwankungen des Erdmagnetismus 84.

Tag, bürgerlicher 13.
 —, Stern- 13.
 Tagbogen 8.
 Tageszeiten 12.
 Temperatur, Einfluß auf Längenmaße
 36, 48.
 Testes 74.
 Theodolit, Beschreibung 115.
 —, Aufstellung 120.
 —, Fehler 121.
 Theodolitmessung 112.
 —, Ausführung 121.
 —, Bestimmung über die Ausführung
 167.
 —, Berechnung 125.
 —, Genauigkeit 126.
 Theodolitzug 112 u. f.
 —, Berechnung 124 u. f.
 Theodolitstufe 32.
 Transversalmaßstab 60.
 Triangulation des Dortmunder Kohlen-
 gebietes 16.
 Trigonometrisches Nivellement 129,
 158.

Umfang der Erde 3, 33.
 Unruhe, magnetische 90.

 Untergangspunkt der Gestirne 8.
 Übersichtskarten 169.
 Urmeter 33.

Variation der Deklination 82, 91.
 Vergleichsapparat für Meßplatten 37, 38.
 — für Meßbänder 38, 39.
 — für Meßketten 39, 40.
 Verleihungsrisse 168.
 Vertikal 22.
 Verwandlung von Stunden in Grade 89.
 Verwurf einer Störung 199.
 —, Ausrichtung 198 u. f.
 Vierung, kleine 76.
 —, große 77.
 Vorhängen einer Stunde 183.
 Vorwärtseinschneiden 113.

Wagrecht 22.
 Wasservage 23, 26.
 Weltzeit 14.
 Wendekreis des Krebses 11.
 — des Steinbocks 11.
 Wendelatte 133.
 Wendelibelle 141.
 Westeuropäische Zeit 14.
 Westpunkt 8.
 Windrose 9.
 Winkel, Absteckung rechter 50 u. f.
 Winkelmessung 123.
 Winkelteilung 10.
 Winkelkopf 53.
 Winkelkreuz 53.
 Winkelprisma 56.
 Winkelspiegel 54 55.
 Winkeltrommel 53.

Zahlentafeln der Meridiankonvergenzen
 21.
 — der Fehlergrenzen bei Längen-
 messungen 46, 47.
 — der Fehlergrenzen bei Schacht-
 teufenmessungen 49.
 — der Längung freihängender Stahl-
 meßbänder durch Eigengewicht 49.
 — der zulässigen Differenzen bei Flä-
 chenaufnahmen 72.
 — der zulässigen Differenzen bei Flä-
 chenberechnungen 72.
 — der Fallwinkel in Falldreiecken 176.
 — der zulässigen Höhenfehler in Tages-
 nivellements 156.

- | | |
|--|---|
| <p>Zahlentafeln der zulässigen Höhenfehler in Grubennivellements 155.</p> <p>— der Seigerteufen und Sohlen 205 u.f.</p> <p>— des Einflusses eines Fehlers im Neigungswinkel auf Sohle und Seigerteufe 100.</p> <p>— des Einflusses eines Kippachsenfehlers am Kompaß auf den Streichwinkel 100.</p> <p>— der Verhältnisse der flachen Bauhöhe zu den söhligem und seigeren Abständen 179.</p> <p>— der Ablenkungen einer Kompaßnadel durch Gleichstrom 104.</p> <p>— des Kollimationsfehlers am Kompaß 93.</p> | <p>Zähladeln 43.</p> <p>Zeichenerklärung für den Situationsriß eines Grubenbildes 161.</p> <p>Zenit 7.</p> <p>Zielscheibe 44.</p> <p>Zirkel 60.</p> <p>Zoll 34.</p> <p>Zonen 11, 13.</p> <p>Zonenzeit 13, 14.</p> <p>Zulage eines Kompaßzuges 94, 107.</p> <p>Zulegeplatte 107.</p> <p>Zulegetransporteur 109.</p> <p>Zulegerisse 159.</p> <p>Zwischenschalten von Fluchtstäben 40.</p> |
|--|---|
-

Additional material from *Einführung in die Markscheidkunde*,
ISBN 978-3-662-42814-6, is available at <http://extras.springer.com>



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Die Bergwerksmaschinen

Eine Sammlung von Handbüchern für Betriebsbeamte

herausgegeben von

Hans Bansen,

Dipl.-Bergingenieur, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

Bisher erschienen:

I. Band: **Das Tiefbohrwesen.** Unter Mitwirkung von Dipl.-Bergingenieur **Arthur Gerke** und Dipl.-Ingenieur **Dr.-Ing. Leo Herwegen** bearbeitet von Dipl.-Ingenieur **Hans Bansen.** Mit 688 Textfiguren.

In Leinwand geb. Preis M. 16,—.

Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. 1912, Nr. 20.

Das Buch, welches in erster Linie eine Tiefbohrkunde für Bergleute und nicht für Tiefbohrtechniker sein soll, beseitigt entschieden ein nach Tecklenburgs Tod entstandenes Bedürfnis nach einem dem jetzigen Stande der Tiefbohrtechnik Rechnung tragenden neuen zusammenfassenden Werk.

Bansen und seine Mitarbeiter Gerke und Herwegen haben sich mit außerordentlichem Fleiß bemüht, alles Wissenswerte über deutsche, österreichische und ausländische Bohrverfahren in Wort und Bild zu erläutern. Gerade auf bildliche Darstellungen der einzelnen Apparate in Verbindung mit kurzen Erläuterungen ist großes Gewicht gelegt...

Nach einer kurzen Einleitung über den Zweck der Bohrlöcher und über die Hauptunterschiede der verschiedenen Bohrverfahren folgen als Hauptteile: Das Stoßbohren, das kanadische Bohrverfahren, das Seilbohren, das Rammbohren, das Spülbohren, die hydraulischen Schlagbohrer, der elektrische Meißelantrieb, das Spritzbohren, das Schnellschlagbohren, das Drehbohren im milden Gebirge, das Drehbohren im festen Gebirge, die Erweiterungsbohrer, das Probenehmen, die Förderung von Flüssigkeiten, die Sicherung der Bohrlöcher, die Störungen beim Bohrbetriebe, das Abloten von Bohrlöchern, die Stratiographen, die Temperaturmessungen in Bohrlöchern, Einrichtungen zum Horizontal-, Geneigt- und Vertikalbohren unter und über Tage, nichtfündige Bohrlöcher, die Wahl der Bohrverfahren und schließlich als Anhang Bohrrohr-Normalien.

Mag man auch, wenn man sich auf einen streng logischen Standpunkt stellt, das eine oder andre an dieser Einteilung auszusetzen haben, auf jeden Fall geht es aus ihr hervor, wie außerordentlich eingehend die Verfasser ihr Thema behandelt haben...

II. Band: **Die Gewinnungsmaschinen.** Bearbeitet von Dipl.-Bergingenieur **Arthur Gerke**, Dipl.-Bergingenieur **Dr.-Ing. Leo Herwegen**, Dipl.-Bergingenieur **Dr.-Ing. Otto Pütz** und Dipl.-Ingenieur **Karl Teiwes.** Mit 393 Textfiguren. In Leinwand geb. Preis M 16,—.

In Vorbereitung befinden sich:

III. Band: **Die Schachtfördermaschinen.** Bearbeitet von Dipl.-Ingenieur **Karl Teiwes** und **Dr.-Ing. E. Förster.** Ca. 20 Bogen mit zahlreichen Textfiguren. In Leinwand geb. Preis ca. M. 10,—. (Erscheint im Herbst 1912).

IV. Band: **Die Schachtförderung.** Ca. 20 Bogen mit zahlreichen Textfiguren. In Leinwand geb. Preis ca. M. 10,—. (Erscheint voraussichtlich im Sommer 1913).

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Der Grubenausbau.

Von

Dipl.-Bergingenieur **Hans Bansen**,
ord. Professor an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 498 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Die Streckenförderung.

Von

Hans Bansen,
Diplom-Bergingenieur, ord. Lehrer an der Oberschlesischen Bergschule zu Tarnowitz.

Mit 382 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Kompressoren-Anlagen insbesondere in Grubenbetrieben.

Von

Dipl.-Ing. **Karl Teiwes**.

Mit 129 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 7,—.

Lehrbuch der Bergbaukunde

mit besonderer Berücksichtigung des Steinkohlenbergbaues.

Von

F. Heise,
Professor und Direktor der Bergschule
zu Bochum.

und

F. Herbst,
o. Professor an der Technischen Hochschule
zu Aachen.

Erster Band.

Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit 561 Textfiguren und 2 farbigen Tafeln.

In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Zweiter Band.

Mit 566 Textfiguren.

In Leinwand gebunden Preis M. 11,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Sprengstoffe und Zündung der Sprengschüsse mit besonderer Berücksichtigung der Schlagwetter und Kohlenstaubgefahr auf Steinkohlengruben. Von **F. Heise**, Professor und Direktor der Bergschule zu Bochum. Zweite Auflage in Vorbereitung.

Zwanzig Jahre Fortschritte in Explosivstoffen. Vier Vorträge, gehalten in der Royal Society of Arts in London November/Dezember 1908 von **Oscar Guttman** in London. Mit 11 Abbildungen im Text und 1 farbigen Tafel. Preis M. 3,—.

Verfahren und Einrichtungen zum Tiefbohren. Kurze Übersicht über das Gebiet der Tiefbohrtechnik. Nach einem Vortrage gehalten am 18. Januar 1905 im Verein deutscher Ingenieure zu Berlin von **Paul Stein**, Ingenieur. Mit 20 Textfiguren und 1 Tafel. Erweiterter Sonderabdruck aus der Berg- und Hüttenmänn. Zeitschrift „Glückauf“, 41. Jahrgang, 1905. Preis M. 1,—.

Das Spülversatzverfahren. Von Diplom-Bergingenieur **Otto Pütz**. Mit 40 Textfiguren. Preis M. 2,—.

Grundzüge des Eisenhüttenwesens. Von Dr.-Ing. **Th. Geilenkirchen**. In drei Bänden. I. Band: Allgemeine Eisenhüttenkunde. Mit 66 Textabbildungen und 5 Tafeln. In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.
Der zweite und dritte Band des Werkes, die dem ersten mit möglichster Beschleunigung folgen sollen, werden die Metallurgie des Eisens bzw. seine mechanische Weiterverarbeitung behandeln.

Entwicklung und gegenwärtiger Stand der Kokereiindustrie Niederschlesiens. Von **F. Schreiber**, Waldenburg. Mit 33 Textabbildungen. Preis M. 2,20.

Grundlagen der Kokschemie von **Oscar Simmerbach**, Professor a. d. Technischen Hochschule zu Breslau. Zweite Auflage in Vorbereitung.

Hilfsbuch für den Maschinenbau. Für Maschinentechniker sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten. Von Prof. **Fr. Freytag**, Lehrer an den Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1108 Textfiguren, 10 Tafeln und einer Beilage für Österreich. In Leinwand gebd. Preis M. 10,—; in Leder gebd. M. 12,—.

Theorie und Konstruktion der Kolben- und Turbokompressoren. Von Dipl.-Ing. **P. Ostertag**, Professor am Kantonalen Technikum in Winterthur. Mit 266 Textfiguren. In Leinwand gebd. Preis M. 11,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Berichte des Internationalen Kongresses für Bergbau, Hüttenwesen, angewandte Mechanik und praktische Geologie.

Düsseldorf 1910, 19. bis 23. Juli.

Fünf Teile. — Mit zahlreichen Textfiguren und Tafeln.

I. Band: Abteilung für **Bergbau.**

- v. Bolesta-Malewski:** Kritische Betrachtungen des heutigen Schachtförder-systems und Vorschlag zu dessen Um-gestaltung.
- Bruchhausen:** Schachtabteufen nach dem Versteinungsverfahren.
- Bruns:** Inwieweit findet eine Verbreitung von übertragbaren Krankheiten durch den Kohlenbergbau statt?
- Denoël:** Les Essais de câbles d'extraction en Belgique.
- Dobbelstein:** Verwertung minderwertiger Brennstoffe.
- Franke:** Abbauförderung.
- Garforth:** British Coal Dust Experiments.
- Gevers-Orban:** Zwei Fortschritte in dem Abteufen tiefer Schächte nach dem Versteinungsverfahren.
- Grahn:** Die Verwendung der Preßluft-schleußen beim Abteufen.
- Haußmann:** Neuerungen im Markscheide-wesen.
- Jüngst:** Vereinheitlichung der Bergbau-Statistik.
- Körfer:** Zusammenstellung der von den deutschen und österreichischen Berg-behörden erlassenen Vorschriften über die Prüfung der zur Seilfahrt benutzten Draht-Förderseile.
- Vahlmann:** Die bergbauliche Entwicklung des Minettebezirks.
- Loiret:** Du rôle joué par une chambre de sauvetage dans un accident survenue à la Mine des Singes le 26 Juillet 1909.
- Loiret:** Les dégagements instantanés d'acide carbonique dans les mines du Plateau Central français.
- Louis:** British Tests of Mining Ropes.
- Nicou:** L'Etat actuel de l'industrie minière en Lorraine Française.
- Parker:** The Statistical Work of the United States Geological Survey.
- Pütz:** Der gegenwärtige Stand des Spül-versatzverfahrens in Deutschland.
- Schember:** Die Entwicklung der maschi-nellen Schrämarbeit und praktisches Schrämen im Kohlenbergbau.
- Schultze:** Neuerungen auf dem Gebiet der Wasserhaltung.
- Stumpf:** Die Gleichstromdampfmaschine in ihrer besonderen Ausbildung als Gleichstromdampf-fördermaschine.
- Taffanel:** Les expériences françaises sur les poussières de houille.
- Trippel:** Über Stoßbränken und hydraulische Kohlensprengung in Steinkohlenflözen nach dem Verfahren des Geheimen Oberbergrats Meißner.
- Viebig:** Verwendung von Eisenbeton beim Grubenausbau.
- Zaeringer:** Das Gefrierverfahren und seine neueste Entwicklung.

IIa. Praktisches Hüttenwesen. — IIb. Theoretisches Hüttenwesen.
III. Angewandte Mechanik. — IV. Praktische Geologie.

Einzeln jeder Band Preis M. 20,—; 2 verschiedene Bände (nach Wahl) zus. M. 30,—; 3 verschiedene Bände zus. M. 40,—; 4 verschiedene Bände zus. M. 45,—; 5 verschiedene Bände zus. M. 50,—.

Zeitschrift für praktische Geologie

nebst Beiblatt

Bergwirtschaftliche Mitteilungen.

Unter ständiger Mitwirkung von hervorragenden Fachgelehrten
herausgegeben von

Prof. **Max Krahmann,**

Dozent für Berg- und Hüttenwirtschaftslehre und Montanstatistik an der
Kgl. Bergakademie, Privatdozent an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.
Preis des Jahrgangs M. 32,—

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.