

her ausgeschlossen werden muß, wenn es sich um das Copiren von geometrischen Formen handelt, so muß es doch hier erwähnt werden, weil es sehr brauchbar ist, beim Copiren von Plänen, die viele Details enthalten, oder bei topographischen Karten.

Man zeichnet zuerst den Plan auf Kalkirpapier (Papypapier, P. de guimauve) vollständig durch, welches mit Tusche geschehen muß, weil man wegen der folgenden Einreibung Bleistiftzüge nicht deutlich sieht. Hierauf reibt man auf der Rückseite feinen Graphit auf, legt die geschwärzte Seite auf das Papier, welches die Copie aufnehmen soll und befestigt sie darauf durch Copirzwecken oder Oblate. Indem man nun mit einem Stahlstift oder einem sehr harten Bleistift (Conté Nr. 4, Faber H, H, H) auf den Linien der Zeichnung mit einigem Druck nachfährt, empfängt das weiße Blatt die Nachbildung. Man säubert es mit einem reinen Tuche ab, bis die Zeichnung nur noch matt dasteht, berichtigt die Züge mit Bleistift und führt die Zeichnung vollends aus.

Die Durchzeichnung läßt sich nur partielle vornehmen, wozu man das Original und das Copieblatt durch Bleistiftlinien in Streifen oder Quadrate von ungefähr 2 Decim. Seite theilt. Man copirt dann jeden Streifen oder jedes Quadrat einzeln auf etwas größeres Kalkirpapier und paßt diese so auf, daß die Theilungslinien sich decken.

Neuntes Capitel.

Von der topographischen Darstellungsmethode.

211. — Alle Messungen, welche auf die Unebenheit des Erdbodens Bezug nehmen, ist man gewohnt auf eine Grundebene zu reduciren, zu welcher man, um eine Uebereinstimmung in dergleichen Angaben zu bringen, wenn die zu messenden Gegenden weit entfernt von einander liegen, den Meeresspiegel (Horizont des Meeres) gewählt hat. Besonders wird es bei größern geodätischen Arbeiten verlangt, daß die Standlinie auf den Meeresspiegel reducirt werde.

Es sei Fig. 232 Pa die auf einer Ebene gemessene Standlinie = b und pP = h die Erhebung dieser Ebene über den Meereshorizont. Zieht man hier die Erdhalbmesser KP und Ka, so ist der Bogen pa' = b' die reducirte Standlinie Pa. Nun ist aber KP : Kp = Pa : pa', d. i. wenn der Erdhalbmesser Kp = r gesetzt wird,

$$r + h : r = b : b'$$

$$\text{oder } b' = \frac{br}{r + h}$$

woraus sich die Näherungsformel $b' = b - \frac{bh}{r}$ entwickeln läßt.

212. — Um die Erhebung eines Punctes P, Fig. 233, über die Meeresfläche zu finden, angenommen, daß man von ihm aus das Meer sehen kann, wo es gegen das Himmelsgewölbe sich abzuschneiden scheint, ziehe man eine Linie PV nach der Durchschnittslinie des Himmelsgewölbes mit der Erde; diese berührt den Meeresspiegel in V und macht mit der Normale VW des Punctes V einen rechten Winkel. Wenn man daher den Winkel ZPV mißt, den die Normale des Punctes P mit der Linie PV macht, d. h. die Zenithdistanz von V in P, so kennt man in dem rechtwinkligen Dreieck PVW den Winkel VPW und folglich auch PWV = δ , nebst dem Erdhalbmesser VW = r. Es ist dann

$$PW = r \text{ Sec. } \delta, \text{ daher } PU = r \text{ Sec. } \delta - r$$

$$= r (\text{Sec. } \delta - 1) = r \text{ Tg. } \delta \cdot \text{Tg. } \frac{\delta}{2}.$$

Es ist nämlich

$$\text{Sec. } \delta - 1 = \frac{1}{\text{Cos. } \delta} - 1 = \frac{1 - \text{Cos. } \delta}{\text{Cos. } \delta} = \frac{2 \text{ Sin. } \frac{1}{2} \delta^2}{\text{Cos. } \frac{1}{2} \delta^2 - \text{Sin. } \frac{1}{2} \delta^2}$$

$$= \frac{2 \text{ Tg. } \frac{1}{2} \delta^2}{1 - \text{Tg. } \frac{1}{2} \delta^2} = \frac{2 \text{ Tg. } \frac{1}{2} \delta}{1 - \text{Tg. } \frac{1}{2} \delta^2} \cdot \text{Tg. } \frac{1}{2} \delta = \text{Tg. } \delta \cdot \text{Tg. } \frac{1}{2} \delta.$$

Kann man von dem Puncte aus das Meer nicht sehen, so muß man das Resultat durch Zwischenstationen zu vermitteln suchen; oftmals findet sich ein Punct in einiger Nähe, dessen Lage in dieser Beziehung bekannt ist.

Um den Höhenunterschied BD zweier Derter A und B Fig. 232 zu finden, muß man in B die Zenithdistanz Z'BA von A, und in A die Zenithdistanz ZAB von B beobachten; desgleichen muß durch eine Dreiecksverbindung oder auf ähnliche Weise die horizontale Ent-

fernung AD gemessen werden. Diesen größten Kreisbogen DA muß man, wenn er merklich von der Sehne DA verschieden wäre, auf diese Sehne reduciren. Ist dann der Krümmungshalbmesser der Erde = r , DA = Δ , so ist der Winkel am Mittelpunct DKA = δ

= $\frac{\Delta}{r \text{ Sin. } 1''}$, und daher jeder der Winkel Z'DA und

ZAD = $90^\circ + \frac{1}{2} \delta$. Find man ferner ZAD = z , ABZ' = z' , so ist DBA = $2R - z'$, BAD = $R - z + \frac{1}{2} \delta$. Da man nun die Winkel des Dreiecks DAB und die Seite DA kennt, läßt sich der Höhenunterschied DB leicht berechnen.

Es ist hier nicht Rücksicht auf die Strahlenbrechung genommen worden, welche den Werth der Zenithdistanzen verkleinert; da aber durch obiges Verfahren die Data überbestimmend sind, so kann diese Correction folgendermaßen geschehen:

Es muß nämlich im Dreieck BAK, $2R - z' + 2R - z + \delta = 2R$, d. h. $z + z' = 2R + \delta$ sein. Es wird aber stets $z + z' < 2R + \delta$ sein und der Ueberschuß $2R + \delta - (z + z')$ = (d) ist die Wirkung der Strahlenbrechung. Man

erhält die richtigen Zenithdistanzen, daß man $z + \frac{(d)}{2}$ und $z' + \frac{(d)}{2}$ nimmt. Mehr hierüber findet man in dem Capitel vom Nivelliren.

213. — Wenn man aus Puncten einer krummen Fläche NMO, Fig. 234, Senkrechte aa', bb', cc'... ff' auf eine Horizontalebene fällt, so geben die Längen der Senkrechten den Abstand der Puncte a, b, c... f jener Fläche von der Horizontalebene an, und es müssen die Puncte am tiefsten liegen, deren Abstand der kleinste ist. Eine solche Horizontalebene AB, beliebig angenommen, nennt man beziehlich die Grundebene. Man legt sie gewöhnlich durch den niedrigsten Punct. Um aber, wie gesagt, Uebereinstimmung hineinzubringen und zu bewirken, daß alle topographischen Operationen eine Vergleichung unter sich gestatten, hat man als Hauptgrundebene den mittlern Meerespiegel angenommen.

Man braucht in dieser Beziehung die Benennungen: Höhenlinie, das Maß der Senkrechten aa' aus einem Puncte der Erdoberfläche auf die Grundebene AB.

Höhenunterschied, die Differenz zweier Senkrechten aa' und bb'.

Höhe über der Meeresfläche, der Unterschied des Erdradius oder des mittleren Abstandes des Meeres vom Mittelpunct der Erde, und einer andern radialen

Linie aus einem Punct der Erdoberfläche *a, b . . .* nach jenem Mittelpuncte.

Ueber Höhenmessungen findet man das Umfassendere in einem späteren Capitel; wir verweisen darauf, wenn hier manches darauf Bezüehliche vorkommen wird.

213^a. — Der Verfasser schlägt zu dergleichen Messungen folgende Instrumente vor:

1) Die Wasserwage, welches unsere Canalwage ist.

2) Den Chézy'schen Neigungsmesser, ein ähnliches Instrument wie die Diopterlineale mit Tangentenscale.

3) Das Nivellirungsinstrument v. Egault; mit Fernrohr und Libelle, ähnlich dem bei uns gebräuchlichen.

4) Den Klimeter, der Hängebuffole der Bergleute vergleichbar.

Namentlich will der Verf. das letztere Instrument bei Bestimmung horizontaler Schichten der Berghöhen benutzt wissen. Der Klimeter ist ein Stück Kreisbogen, welches lothrecht an die Platte der Buffole befestigt ist. Eine oder mehre Libellen zeigen an, wenn der Nullpunct oder der Index des Nonius in der Richtung eines Loths eingestellt ist. Der Winkel wird dann nicht zwischen der Parallele *on*, Fig. 234, und der Terrainlinie *ed*, sondern zwischen der Senkrechten *cc'*, welches die Richtung des Erdradius ist, und *ed* abgelesen. Dieser Winkel (Zenithdistanz) darf nicht mit dem Neigungswinkel *dcn* verwechselt werden.

Die Beschreibung der andern Instrumente sehe man in dem Capitel vom Nivelliren. Der *Maison'sche* Trigonometer, welcher ebenfalls zu den gedachten Operationen in Vorschlag gebracht ist, wird in §. 218 näher beschrieben.

Bei dem Gebrauche des Nivellirers ist das von *Lehmann* erfundene Diopterlineal mit Tangentenscale und Schieber zu empfehlen.

214. — Höhenmaß und Curven des Niveau. Die topographische Aufnahme begreift nun auch die Bestimmung des Abstandes aller Puncte der Erdoberfläche von dem Mittelpunct der Erde oder auch nur die Höhen *di*, Puncte über eine als

constant angenommene Fläche (Grundebene, Beziehungsebene oder Vergleichungsebene).

Aus früherer Definition folgt, daß man, um die verschiedene Neigung des Bodens auszudrücken, die Höhe jedes Punctes der Oberfläche über der Vergleichungsebene zu suchen hat; im Ganzen genommen besteht diese Arbeit in Auflösung eines rechtwinkligen Dreiecks. Es wird also die Höhenlinie jedes Punctes $f, e, d \dots a$ (Fig. 234), bei der Voraussetzung, daß die Vergleichungsebene Tangente der Oberfläche im Punct O sei, für $f = ff'$, für $e = ff' + \varepsilon e$, für $d = dd' = (ee' - e\gamma) \dots$ sein. Ist aber in O ein Instrument aufgestellt, so ist, wegen des Stativs, wodurch der Scheitel in o zu liegen kommt, der gemessene Winkel $= fo\mu$; die Rechnung giebt dann $f\mu$. Man muß sonach der Größe noch $f\mu = Oo$ oder die Höhe des Instruments, in der Axe bis zu dem Drehpunkte des Perspectives gemessen, zusetzen.

Auf der Station c giebt die Beobachtung den Winkel $do'\varphi$; folglich muß die Höhe des Instrumentes von obiger Größe abgezogen werden, da die Rechnung $d\varphi$ giebt; und dann ist $dd' = cc' + \varphi d - o'c$.

Ist der Winkel kleiner als 90° , oder wenn er zwischen der Verticalen cc' und der Horizontalen en liegt, so heißt er Depressionswinkel; ist derselbe größer als ein Rechter, oder wenn er zwischen der Zenithdistanz $d\varphi$ und der Horizontalen dk liegt, nennt man ihn Elevationswinkel (a. dâscension).

Es ist augenscheinlich, daß die Abwellungen des Terrains nur genau bezeichnet werden können, wenn man eine genügende Anzahl Höhen mißt. Dieses Princip wird jedoch nicht allgemein befolgt, denn in sehr hügeligem Terrain, wo oft große Strecken begangen werden müssen, bevor man auf eine horizontale Fläche stößt, würde die Form der Oberfläche nur durch Vermehrung der Höhenmessungen fast in's Unendliche geschehen müssen, was notorisch eine sehr langwierige und mühsame Arbeit wäre. Ueberdies würden die Höhenmaße, wenn sie auf der Karte eingeschrieben werden sollten, daselbst eine große Verwirrung geben. Dieser Uebelstand läßt sich durch folgendes Verfahren vermeiden.

Wenn $ABCD$ (Fig. 235) ein Durchschnitt des Terrains durch eine senkrechte Ebene ist, und man legt mit der Horizontalebene AB (Vergleichungsebene) die Ebe-

nen aa' , bb' , cc' ee' parallel in gleichem Ab-
 stände, so werden diese, indem sie das Terrain schneiden,
 auf dessen Oberfläche eine Folge von horizontalen Linien
 bilden, deren Punkte als eben so viel Höhenmaße ange-
 sehen werden können. Projicirt man diese Linien auf
 die Grundebene, dann erhält man ein System von Cur-
 ven, welche alle diese Punkte in demselben Niveau ent-
 halten, zugleich aber einen genauen Ausdruck der Wellen-
 form des Bodens geben; denn je näher die Curven zu-
 sammentreten, desto steiler sind die Abhänge; im Gegen-
 theil erweitern sie sich, wenn die Neigungen sanft werden.
 Es läßt sich sonach aus dem einzigen Anblick der Karte
 angeben, wo die Oberfläche des Bodens die größte Nei-
 gung hat.

Dieses Verfahren erspart sichtlich das Beis Schreiben
 der Höhenmaße auf der Karte, denn die Linie eines
 horizontalen Durchschnittes zeigt alle Punkte des Terrains
 an, die in demselben Abstände von der Vergleichungs-
 ebene liegen; je mehr Sectionen sind, desto besser fallen
 die Biegungen des Terrains in die Augen.

Indessen müssen einige Höhenmaße auf den höchsten
 und niedrigsten Punkten, besonders auch in den Wasser-
 läufen angegeben werden, um Nachmessungen zu vermei-
 den, die nöthig werden möchten, wenn der Verbindungspunct
 der Vergleichungsebene mit dem Terrain entlegen
 von der cartirten Gegend ist.

215. — Bestimmung der horizontalen Cur-
 ven. Um die horizontalen Durchschnitte oder deren Be-
 grenzungslinien darzustellen, benützt man mehrere Verfah-
 rungsweisen: zuerst gelangt man dazu durch ein vollstän-
 diges Nivellement des fraglichen Terrains (§. 231 u. f.),
 oder daß man nur den geraden oder gebrochenen Richtun-
 gen folgt, die man nach den örtlichen Schwierigkeiten
 auswählt. In letzterem Falle erhält man Profile oder
 Verticalschnitte, die man abgesondert construirt (§. 239
 und 242); man zeichnet dann, von der Vergleichungs-
 ebene ausgehend, die gleichlaufenden Ebenen und giebt
 jeden Durchschnittspunct dieser Ebenen mit dem Profil
 auf der Karte an; wodurch sich Punkte ergeben, die den
 horizontalen Curven angehören.

Wir nehmen an (Fig. 235), daß man auf irgend
 einem Terrain Nivellements nach den Richtungen MN ,
 OP und QR gemacht habe; die erste giebt, auf das

Papier gebracht, einen Verticalschnitt $ABCD$, wozu die Vergleichungsebene AB gehört. Legt man in gleichweitem Abstand die Parallelebenen aa' , bb' , cc' . . . gg' , so schneiden diese Ebenen die Oberfläche des Terrains in den Punkten a , b , c . . . a' , b' , c' . . .; trägt man diese Punkte auf MN über, so werden dadurch auf dieser Richtung Punkte gefunden, die unbestreitbar zu den gleichliegenden Ebenen aa' , bb' , cc' . . . gehören.

Construirt man ebenfalls das folgende Profil OP und legt die Parallelebenen oo' , pp' , qq' . . . in demselben Abstand wie bei dem ersten Profil MN , indem man auf OP die Durchschnitte dieser Ebenen mit dem Terrain projicirt, so wird man in dieser zweiten Richtung andere Punkte derselben Durchschnitte erhalten; denn die Ebene aa' correspondirt mit der Ebene oo' , die bb' mit der Ebene pp' u. s. w. Wenn man ebenso für die Profile auf QR , ST und UV operirt und die Punkte desselben Durchchnitts oder Niveaus durch stete Curven verbindet, so geben diese auf der Charte die Grenzlinien jeder Horizontalebene, oder alle Punkte des Terrains, die von der Vergleichungsebene AB bezüglich jeder andern Ebene gleichweit abstehen.

Uebrigens ist der Höhenunterschied zweier Punkte leicht zu finden. Wenn man nämlich einen gleichen Abstand von 10 Meter für die horizontalen Ebenen annimmt, so werden zwei Punkte E und F , die auf verschiedenen Parallelebenen liegen, eine Differenz geben, die der Anzahl der Zonen gleich ist, die sie trennen, hier 40 Meter. Wenn der eine Punkt E' in irgend einem Abstand zwischen den Curven m und n läge, so ziehe man or (Fig. 236) senkrecht auf beide Curven, mache $sr = 10 =$ dem parallelen Abstand, verbinde so und ziehe $E'o$ parallel sr ; es zeigt dann $E'o$ an, wie weit E' unter der Curve n liegt. Bezieht man dieses auf die Figur 237 und nimmt an, daß $E'o$ nach dem Maßstab 4 Meter sei, so wird die Differenz des Niveaus zwischen F und $E' = 30$ Meter (oder 3 Zonenhöhen) $+ 4$ Met. $= 34$ Meter betragen. Es ist klar, daß bei Vermehrung der Nivellements immer eine größere Genauigkeit in der Zeichnung der Curven erhalten wird. Im Allgemeinen ist diese Methode zu befolgen, wenn eine strenge Angabe der Terrainunebenheiten verlangt wird; man wendet sie daher an bei Anordnung eines Straßenzugs, wenn derselbe

Schwierigkeiten unterliegt; dagegen giebt man sie bei gewöhnlichen Zeichnungen auf, weil sie auf dem Terrain sehr zeitraubend ist und auf der Stube viel Constructionen verlangt.

216. — Wenn der Zweck kein anderer ist, als die verschiedenen Unebenheiten des Bodens kennen zu lernen, mißt man mit der Kippregel die Neigungswinkel; und da die Stationspunkte an die Detailaufnahme geknüpft werden, so handelt es sich bloß darum, die Anzahl der Curven zu wissen, die man zwischen ihnen legen muß.

Es sei AONM (Fig. 238) ein Hang des Bodens, welcher in drei Neigungen MN, NO, OA abfällt; in M habe man die Zenithdistanz = $79^{\circ} 30'$, in N dieselbe = $40^{\circ} 20'$ und in O = 75° beobachtet. Die drei, nebst A an die geometrische Vermessung geknüpften Punkte liegen so, daß $A'O' = 143$ Met., $O'N' = 74$ Met. und $M'N' = 112$ Met. ist. Nimmt man jetzt 10 Met. als parallelen Abstand der Horizontalschichten, so müssen zwischen A' und O' auf dem geometrischen Plan soviel Schnitte genommen werden, als 10 Met. in der Verticallhöhe OO'' enthalten ist. Desgleichen müssen die Richtungen A'O', O'N' u. s. f. die nämliche Anzahl Curven haben, wie auf NN''. Berechnet man nun die Dreiecke AO''O, OoN, NoM, so ergeben sich die beziehlichen Höhen der Punkte O, N und M über der Vergleichungsebene AB (§. 214), und jede dieser Höhen, durch den angenommenen Abstand = 10 getheilt, bezeichnet die Anzahl der Curven die auf A'O', O'N', N'M' liegen müssen. Nach diesem Verfahren erhält man OO'' = 38,3 Met., NN'' = 125,4 Met., MM'' = 146,1 Met. und demnach müssen von A' nach O' $3\frac{8}{10}$ Curven, von A' nach N $12\frac{5}{10}$ Curven und von A' nach M' $14\frac{6}{10}$ Curven Statt finden. Hat man eine hinreichende Anzahl von Richtungen, welche fast immer von den Messungslinien vertreten werden, so lassen sich ohne ernstliche Schwierigkeiten die Horizontalschnitte zeichnen, zumal wenn man sich die Terrainbiegungen angemerkt hat.

Man bemerke, daß sich stets die Curven nach (§. 215) eintragen lassen; denn wenn man die in M, N und O beobachteten Winkel mit Hülfe der Distanzen A'O', O'N', N'M' aufträgt, kann man den Durchschnitt des Terrains AONM construiren; dann auf O''O, N''N, M''M die gleichen Abstands Höhen tragen, mit AB Parallelebenen

legen und endlich auf $A'O'$, $O'N'$, $N'M'$ die Durchgangspuncte dieser Ebenen auf der Fläche $AONM$ projectiren.

Bei dieser Gelegenheit empfehlen wir das Messungsverfahren (§. 84, 5.), da es genügt, sich in einem Punct aufzustellen, um dessen Lage auf dem geometrischen Plan zu bestimmen. Die nöthigen Distanzen zu Bestimmung der Durchgangspuncte der Curven können mit dem Zirkel abgenommen werden.

Es wird oft bequemer, aus derselben Station die Zenithdistanz mehrerer Puncte zu messen. Befände man sich z. B. in der Station M , wo man die Puncte N , O , A sehen kann, so lassen sich ohne Verrücken des Instrumentes die Winkel NMM'' , OMM'' und AMM'' beobachten; die Resultate sind dieselben. Man hat dann die rechtwinklichen Dreiecke bMO , $M''MA$ zu lösen; die nöthigen Distanzen $M'O'$, $M'A'$ können meistens von der Charte abgenommen werden.

Wenn man von diesem Verfahren Gebrauch macht, ist es zweckmäßig, um sich von der Form der Curven zu überzeugen, einige derselben auf dem Terrain selbst abzustrecken und sie aufzunehmen. Sie thun überdies gute Dienste bei der Entwerfung auf dem Papier. Zu diesem Zwecke versteht man sich mit einem Visirbret von gleicher Höhe mit dem Instrument; stellt den Höhenmesser oder jedes andere Nivellirinstrument auf einen Abhang, von dem man glaubt, daß die Zeichnung des Durchschnitts am nützlichsten sein kann. Während der Visirstrahl horizontal gerichtet ist, läßt man das Richtbret auf eine schickliche Distanz, etwa 50 bis 100 Meter, frei aufstellen und giebt dem Gehülfsen ein Zeichen, auf- oder abwärts, vor- oder rückwärts zu gehen, bis das Zielbret in dem Visirstrahl befindlich. Sobald das Farbenkreuz mit letztem correspondirt, schlägt man an dem Fuß der Zieltafel einen Jalon ein. Auf gleiche Art stellt man an einer andern Stelle einen zweiten Jalon, dann einen dritten u. s. f. So erhält man die Curve $ABCD \dots K$ (Fig. 239), die den Durchschnitt einer Horizontalebene, die an ein Thal stößt, darstellt. Das Instrument ist zuerst in A aufgestellt und damit B , C , D , bestimmt worden; von der Stellung in D sind die Puncte E , F , G und H und endlich von H aus die Puncte I und K festgestellt. Hat man die Lage der Puncte aufgetragen, so

ist die Curve die sie verbindet ein sicherer Führer bei Zeichnungen der andern Curven des Niveaus.

217. — Wenn der Geometer nicht gebunden ist, seinem Vermessungsplan die Höhen beizuschreiben, so kann er bei der Ausnahme die Höhendifferenzen annähernd mit Hilfe der Kette ermitteln. Bei einiger Übung wird er für diesen Fall eine genügende Uebersicht erlangen.

Nimmt man an, daß das Ende E (Fig. 240) der Kette ED horizontal gehalten werde und eine Höhendifferenz $EF = d$ mit der Bodenfläche DK ergebe. Ist der Parallelschichten-Abstand $= E_1$, so hat man $GD = D_1$ und

$$d : E_1 = 10 : D_1.$$

Soweit sich die Neigung DK nicht ändert, trägt man dies D_1 auf die Meßungslinie, für welche es berechnet worden.

Wenn bei'm Messen der Richtlinien $AB, CD, EF, GH \dots$ (Fig. 243) der Detailaufnahme bemerkt worden ist, daß, bei deren horizontaler Ausspannung, das eine Ende (nach den der Figur beigeschriebenen Maßen) von a nach b 1,25 Met. Neigung auf 10 Met. horizontaler Länge, von b nach c 0,28, von c nach C 0,1 Met. erhöht werden mußte*), so hat man zu Feststellung der Durchgangspuncte der Curve auf der Richtlinie AB nach obiger Formel:

$$1,25 : 10 = 10 : D_1$$

$$D_1 = 8,00 \text{ Meter.}$$

Hat man nun die Schichtenhöhe $= 10$ Met. gesetzt, so trägt man die 8,00 Meter von a nach b so oft sie darin aufgehen. Die Neigung von b nach c ist 0,28, demnach

$$0,28 : 10 = 10 : D_1$$

$$D_1 = 35,7 \text{ Meter,}$$

welches von b nach c aufzutragen ist; befolgt man dies Verfahren bei jeder Richtlinie, so erhält man bald die Puncte durch welche die Curve zu legen ist. Ist nach dem Verfahren (§. 216) die Linie des horizontalen Durchschnitte $MNO, PQ \dots$, so werden die mit ihr parallelen Curven, wie sie hier auf den Vermessungslinien bestimmt worden, ziemlich die horizontalen Schnitte angeben. Ein mit Geschick angelegtes Croqui der Darter, die genaue Angabe der Thalwege R, R oder Thalgründe

*) An dergleichen Abschätzungen gewöhnt sich das Auge bald.

und das Gedächtniß müssen bei Ausführung der Arbeit behülflich sein. Die Figur gibt die abkürzende Bezeichnung an, deren man sich in Bezug auf die Neigungen bedient. Der Pfeil wird stets nach der Seite des Abfalles gerichtet.

218. — Der Maison'sche Trigonometer eignet sich vorzüglich für dergleichen Ausmittelungen. Dieses Instrument besteht aus drei graduirten Linealen Ag, ad, ae (Fig. 241), von Messing, deren zwei Ag und ad einen rechten Winkel, das dritte ae die Hypotenuse bilden. Letzteres gestattet mittelst eines in a eigens construirten Gewindes jede der Operation angemessene Richtung.

Gesetzt, man wolle den Unterschied des Niveaus zwischen den Stationen A und C (Fig. 241) finden, deren horizontaler Abstand bekannt ist: so visirt man den Punct C, indem man die Regel Ag darauf richtet. Da nun die Regel ad senkrecht auf ag oder AC ist, die Regel ae aber, sich selbst überlassen, durch das Gewicht e die Richtung der Schwere annimmt, so wird das Dreieck abc ähnlich dem rechtwinklichen Dreieck ABC, folglich ist:

$$AB : ab = BC : bc.$$

Jede der Regeln ist aber in Millimeter getheilt; angenommen AB sei 267 Met. lang und daß jede Abtheilung von ab 10 Meter vertritt, so hat man zuerst die Regel Ag auf die $26\frac{7}{10}$ Abtheilung zu stellen, so daß BC durch $bc \cdot 10$ oder durch die Anzahl der Millimeter, die durch die Richtung der Regel ae auf Ag markirt werden, mal 10 gegeben ist. Zählt man nun $9\frac{2}{10}$ Millimeter zwischen b und c, so ist die gesuchte Höhe von $BC = bc \cdot 10 = 92$ Meter.

Damit in dem Augenblick des Ablesens auf bc die Regel ae sich nicht verrücke, stellt man letztere mittelst einer Druckschraube in a fest.

Die Distanz AB kann immer als bekannt vorausgesetzt werden, weil die Operation auf einer Linie der Messung geschieht. Kennte man diese Distanz jedoch nicht, so setzt man eine Visirtafel in D so hoch als möglich und markirt eine Höhe $bn = CD$ nach der Eintheilung des Micrometers bo mittelst der Dioptern b, n. (Dieser Micrometer ist eine kleine graduirte Regel die an dem Instrument angebracht ist und stets eine lothrecht

Richtung annimmt, wenn man die Schraube an ihrem untern Theile löst). Man verschiebt dann *bo* längs der großen Regel *Ag*, bis die Punkte ihrer Diopter in die Richtung der Visirstrahlen *AD* und *AC* fallen, wo dann *Ab* die Länge von *AC* angeben wird. Man stellt nun den Winkel *a* fest, nimmt auf der Regel *ae* eine Länge $ac = Ab = AC$, so zeigt *bc* die Höhe *BC* an, wozu die Höhe der Visirtafel *CD* addirt werden muß, um die gesuchte Höhe *BD* zu erhalten.

Dit aber ist es bequemer, einen Abhang nach soviel vom Hundert anzugeben. In dem Fall fixirt man, nachdem *dg* nach der Neigung des Terrains gerichtet worden (Fig. 237) die Regel *ae* in *a* durch die Pressschraube, wodurch der Winkel *bae* den Fall des Terrains anzeigt. Hierauf schiebt man die Regel *dg* längs *ab*, bis *ab' = 100* Millimeter, und hat nun

$$ab : ab' = bc : b'c'.$$

Da aber $ab' = 100$, so fällt der gesuchte Abhang soviel auf das Hundert *ab*, als man Millimeter auf *b'c'* zählt.

Endlich ist der den Forstmännern bekannte *Densitrometer* oft vortheilhaft anwendbar, wo die Neigung des Bodens annähernd bestimmt werden soll.

Die Seite *EK* des Bretchens *ADEK* (Fig. 242) ist in Centimeter getheilt; ein Bleiloß bildet stets ein rechtwinkliges Dreieck *DEF*, ähnlich dem Dreieck *ACB* derselben Form auf dem Terrain. Man richtet die Seite *AD* des Bretchens nach der Neigung, die man messen will, indeß man dem Senkblei *DF* freies Spiel läßt, hat es aber mit dem Finger an, sobald die Visirlinie gefunden ist; es folgt dann aus den Dreiecken *DEF* und *AEC*

$$DE : AC = EF : CB$$

und da $DE = 0,10$ Centim., wenn $AC = 100$ Met., so ist

$$0,10 : 100 = EF : CB.$$

Wenn *DF* den 4. Theilstrich von *E* aus zeigte, so hätte man 4 Meter für *BC*, das heißt eine Neigung von 4 'uf Hundert von *AB*.

219. — Von dem Höhenabstand der horizontalen Ebenen. Der Abstand der horizontalen Ebenen, wird nicht immer so angenommen, wie es in den vorhergehenden Erklärungen geschehen ist. Man muß bemerken, daß wenn man bei einem geometrischen Lauf nach großem Maßstabe den Abstand 10 Meter an-

nehmen wollte, der Raum zwischen den Curven vielleicht zu ansehnlich werden würde, und daß es dann schwierig werden muß, die verschiedenen Abhänge des Terrains auf der Charte zu erkennen. Der anzunehmende Abstand hängt sonach eng von dem Maßstabe der Charte ab; er muß im Ganzen in umgekehrtem Verhältniß mit dem Maßstab stehen.

Es lassen sich feste Principe in dieser Beziehung nicht aufstellen; denn ein sehr unebenes Terrain gestattet einen weit größern Abstand als ein leicht bewegtes Terrain. Bei einem Terrain, wo Neigungen von 20 bis 50° vorwalten, kann man folgende Bestimmungen annehmen:

Bei einem Maßstab von	$\frac{1}{5000}$	. . . . .	2,5 Meter
— — —	$\frac{1}{10000}$	. . . . .	5 —
— — —	$\frac{1}{20000}$	. . . . .	10 —
— — —	$\frac{1}{40000}$	. . . . .	15 —
— — —	$\frac{1}{80000}$	. . . . .	20 —

Wir haben bisher angenommen, daß die Zeichnung der Beziehungsebene auf den Verticalschnitten angegeben werden könne (§. 215), oder daß sie eine der Katheten des ersten, zu Bestimmung der Höhen nöthigen Dreiecks bilde (§. 216); im Allgemeinen werden jedoch die Operationen in zu weiter Entfernung von dem Meer vorgenommen, als daß man dessen Spiegel benutzen könnte. Diese Schwierigkeit wird beseitigt, wenn eine Landesvermessung die Höhe aller Spitzen der trigonometrischen Dreiecke über dem Meere schon bestimmt hat. Es genügt dann eine dieser Spitzen aufzusuchen, um aus ihr eine Anzahl von beliebigen Höhenpuneten abzuleiten. Wenn der Punct **M** (Fig. 238) ein Signal der trigonometrischen Vermessung wäre, dann würde $NN'' = MM'$, — Mc sein, und bei Legung der Durchschnitte der Parallelebenen würde, da $MM'' = 146,1$ Met. (§. 216) die erste Curve v die 14. sein, wenn man von der Grundebene ausgeht, und die welche unmittelbar unter **N** fällt, wäre die 12.; den Abstand der Ebenen unter einander = 10 Met. gesetzt.

Es ist stets die Distanz vM' und die uN' , oder die Durchgangspuncte der 14. und 12. Curve zu bestimmen, wozu man indeß leicht gelangt. Man hat nämlich

$Mc = MM'' - NN'' = h$, $M'N' = D$
 und macht man $146,1$ Metr. — $14 \times 10 = h$, so wird

$$vM' = \frac{Dh}{H}$$

Bestimmt man vt , so entsteht die Formel

$$vt = \frac{D \cdot 10}{H}$$

und bei einem Abstand = 5 Metr., $vt = \frac{D \cdot 5}{H}$.

Desgleichen ist

$$uN' = \frac{N'O' \cdot h}{H} = \frac{74 \cdot 5,4}{87,1}$$

wenn man die Data (S. 216) annimmt.

220. — Ueber Bergschraffirung (Situationszeichnung). Es kann hier nicht Absicht sein, die Situationszeichnung in ihrem ganzen Umfang zu lehren; wir verweisen in dieser Beziehung auf die Werke von Lehmann, Netto, v. Schlieben, v. Bünau u. A.; jedoch halten wir für angemessen, die Grundzüge dieser Zeichnungstheorie nach neuerer systematischer Festsetzung mitzutheilen, indem das Vorhergehende in enger Verbindung damit steht.

Man könnte sich allerdings bei einer topographischen Zeichnung mit der Angabe der Curven begnügen, welche die Schnitte horizontaler Parallelebenen bezeichnen, und würde dadurch so ziemlich im Stande sein, den Fall und die Steigung der verschiedenen Partien beurtheilen zu können. Diese Bezeichnungsart reicht auch vollkommen für die Menselblätter oder Brouillons aus, ja sie ist für diesen Zweck der weitem Ausführung der Bergzeichnung vorzuziehen. Für ausgeführte topographische Pläne hingegen ist sie keineswegs befriedigend. Sie verlangt schon ein mehr als oberflächliches Eindringen des Beschauers in die Projectionslehre; veranlaßt ein Gewirre von Linien, die sich mit denen der Wege, Grenzen, Bäche u. s. w. mißfällig mischen würden, und die Charte würde ganz des gefälligen Ansehens und der leichten Uebersicht entbehren. Dagegen giebt die neuere Situationsbezeichnung derselben einen reliefartigen Ueberblick, die Unebenheiten des Bodens werden selbst dem Laien im Ganzen genommen verständlich, vermehrt aber auch die Arbeit des Zeichners bedeutend. Wir geben in Figur 289 eine Vergleichung dieser Bezeichnungsarten.

Das durchdachteste, rein mathematisch begründete System ist das vom Kön. sächs. Major Lehmann, und nur in einzelnen Fällen (bei'm preuß. Militär), wird das des K. preuß. General v. Müffling gebraucht, welches zwar im Ganzen genommen nur ein modificirtes Lehmann'sches ist, aber eine Menge Arten von (gezackten, punctirten, gemischten u. s. w.) Strichen zu Unterscheidung der Böschungsgrade braucht, daher nicht nur ungemein complicirt, sondern auch ungefällig ist. Das erstere ist auch in Frankreich und andern Ländern eingeführt und hat die Bezeichnung durch Schatten und Licht allgemein verdrängt.

Wir führen hier nur die Hauptgesetze dieses Systems an.

Die Schraffirstriche sind stets normal den horizontalen Curven, auf denen und zwischen welchen sie stehen; bilden daher eine kleine Curve, wenn die Schnittcurven nicht parallel laufen. Sie geben auf dem Plan die Projection der größten Neigung oder die Richtung an, die eine Kugel von dem obern Punkte nehmen würde, wenn sie frei herabrollte, oder auch die Richtung des ablaufenden Wassers.

Man erhält diese Projection ziemlich genau, wenn man sich eine Tangente ab (Fig. 244) an die obere Curve rs , eine andere dc an die untere tu gelegt denkt und nm dann senkrecht ab , dann senkrecht dc führt. Es folgt, daß nm , wenn sie mehrere Curven $r's'$, $t'u'$ schneidet, dieses ebenfalls in senkrechter Richtung der Tangenten $a'b'$, $d'c'$ geschehen, daher eine Curve bilden müsse.

Bei paralleler Lage zwei zunächst folgender Curven (Fig. 245) ist die Schraffirlinie gerade, weil die Tangenten parallel sind.

221. — Die Linie der größten Neigung characterisirt sich dadurch:

1) sie ist stets, wie oben bemerkt, senkrecht den Begrenzungslinien der horizontalen Durchschnitte auf dem Terrain.

2) Deren Projection ist senkrecht diesen Durchschnittslinien; folglich ist die der kürzeste Abstand zwischen denselben.

Um sie nach diesen Principien zu zeichnen, genügt es die Neigung des Hanges zu kennen, auf dem sie an-

gegeben werden soll, und den horizontalen Durchschnitt auf diesem Hange.

Wenn nämlich *A*, *B*, *C*, (Figur 246) drei auf dem nämlichen Abfall und ihrer Lage nach bekannte Punkte sind, das Maß der Höhe von *A* = 168 Met., von *B* = 44 Met. und das von *C* = 109 Met. ist: so weiß man daß drei Punkte die Lage der Ebene bestimmen, und es läßt sich folglich die Zeichnung einer geneigten Ebene, welche die Punkte *A*, *B*, *C* aufnimmt, auf zwei senkrechten oder Projectionsebenen darstellen, deren eine die Vergleichungsebene sein kann; was die andere betrifft, kann sie beliebig sein, denn wenn sie in die Zusammensetzung der Figur eingeht, so ist es um die Erklärung zu erleichtern. Die Ebene die durch die gegebenen Punkte geht, ist keine andere als die Fläche des Hanges auf der diese Punkte liegen.

Wir stellen die Punkte *A*, *B*, *C* geometrisch auf die Vergleichungsebene *xym*, wobei *xy* die Durchschnittsline der Projectionsebene ist; ziehen durch die gegebenen Punkte *Cγ*, *Bβ*, *Aα* Senkrechte auf *xy* und verlängern diese in der Verticalebene, indem man $\gamma c = 109$, $\beta b = 44$ und $\alpha a = 286$ Met. macht; bestimmen auf jeder Projectionsebene die Trace der geneigten Ebene, durch Verbindung von *a* und *b*, *A* und *B* und indem wir *Cc'* parallel *AB*, *ct* parallel *ab* ziehen, dann die zu den Umriß gehörigen Punkte *c'*, *b'*, *t* und *v* mittelst der Perpendicularen bestimmen, die aus den Punkten errichtet werden, in welchen die Geraden *AB*, *ab*, *Cc'* und *ct* die Linie *xy* treffen: so wird die Linie *ED*, welche durch die Punkte *b'*, *c'* geht, die gesuchte Durchgangslinie auf der horizontalen Projectionsebene, oder der Durchschnitt der Oberfläche des Hanges mit der Vergleichungsebene sein; und jede Linie, wie *KP*, die senkrecht *ED*, wird die Projection der Linie der größten Neigung sein und die Richtung der Schraffirstriche angeben.

Wenn die Anhöhen regelmäßige Abdachungen haben, so nimmt man den Punkt *A* auf der Spitze, die andern beiden Punkte am Fuß des Hanges an. Wenn aber die Bodenfläche verschiedene Neigung hat, so muß man auf jeder besonders operiren und zwar so, daß jede der Operationen einen gemeinschaftlichen Punkt mit der vorhergehenden hat.

Will man die wahre Länge der Linie des größten Hanges, d. h. auf ihrer Neigung gemessen und den Winkel kennen lernen, den sie mit der Horizontale macht, so hat man den Bogen Kk aus P mit einem Radius $= PK$ zu beschreiben und $K'k$ zu verbinden; diese Linie giebt die Lage und die wahre Länge der besagten Linie auf dem Terrain, deren Neigungswinkel ist $K'kP$.

Wir geben noch eine Methode, die Curven des Niveaus zu bestimmen; man theilt nämlich aa in $28\frac{6}{10}$ Theile (wenn man einen parallelen Abstand von 10 Met. annimmt) und zieht durch die Theilpunkte o, p, q, \dots Parallelen mit xy , die $K'k$ schneiden. Trägt man nun die Durchschnitte o', p', q', \dots auf PK über, so ergeben sich genau die Durchgangspunkte der Curven auf dem geometrischen Plan.

Der Trigonometer (§. 218) gewährt ebenfalls das Mittel, die Länge des größten Abhanges und der Projection (der Distanz zwischen den Curven) aufzufinden, wenn der parallele Abstand gegeben ist.

Nachdem man den Winkel a (Fig. 237) auf dem Terrain genommen hat, indem man dg nach der Abböschung stellt, und die Regel ao mittelst der Schraube a feststellt, läßt man die Regel dg auf ab bewegen, bis $b'o'$ eine Länge anzeigt, welche dem parallelen Abstand gleich ist; dadurch wird die Länge der Neigungslinie und ihrer Projection, erstere durch ac' , die zweite durch ab' ausgedrückt.

222. — Die Gratlinien (Bergrücken). Um das Terrain genau abzubilden und den Bergstrichen ihre richtige Lage zu geben, müssen die Rücken oder Theillinien der Abfälle bestimmt werden, indem von ihnen die Striche als von einem Gipfel ausgehen. Sie bilden den kleinsten Neigungswinkel mit dem Horizont, und werden erhalten, indem man den Berührungspunct von Horizontalen sucht, die den Boden streifen. Man bezeichnet jeden dieser Punkte auf dem Terrain und trägt ihn durch Messung in den Plan ein.

Diese Rücken dienen gewöhnlich zur Richtung zusammenhängender Nivellements (§. 215) und zu Festsetzung der Curvendurchgänge, als Controle der vorbeschriebenen Operationen. Man versteht sich dazu mit einer Zieltafel von der Höhe des parallelen Abstandes der Horizontalschichten, plus der Instrumenthöhe. Be-

folgt man nun das Verfahren am Schlusse des §. 216, so erhält man genau und auf dem Terrain selbst die Punkte der Curvengänge; wobei man immer mit dem ersten Punkt beginnen muß.

Es möge in dem Punkt A (Fig. 247) das Höhenmaß = 137,4 betragen, der nächste Horizontalschnitt unmittelbar unterhalb diesem Punkte sei der 13.; nimmt man den Schichtenabstand = 10 Met., um den Durchschnittpunkt a des Schnittes aa' mit der Rückenlinie AK zu ermitteln, so ist das rechtwinkliche Dreieck Aan zu lösen, in welchem An = 7,4 Met. und der Winkel nAa gefunden werden kann; hat man an, so mißt man diese Länge auf dem Terrain von A aus ab, indem man die Kette horizontal hält.

Hierauf stellt man das Instrument in a und läßt die Zieltafel in b (§. 216) halten, so ergiebt sich der Durchgangspunkt der 12. Curve oder der Durchschnitt der Ebene bb' mit der Linie AK des Rückens. Man sieht, daß, um b zu finden, die Zieltafel eine Länge = am + der Länge des in a aufgestellten Instruments haben muß*). Auf gleiche Weise erhält man c von b aus und dann nach und nach die weitem Punkte bis zum Fuße des Rückens.

223. — Von den Wasserläufen, (Abfluslinien, Thalwegen). Die Wasserläufe geben sich durch die Wassermassen kund, die sich nach den tiefern Punkten der Thäler hinziehen. Wenn die Seiten der Hügel eine steile Böschung haben, so entsteht ein Hohlweg, eine Schlucht, in welchem Fall der Wasserlauf bestimmt ist. Sind aber die Hänge sanft, so ist die Linie ihres Zusammentreffens wenig bemerklich; sie zu finden bedient man sich der entgegengesetzten Operation als bei den Rücken. Man sucht also den Berührungspunct mit den Horizontalen, hinsichtlich ihrer tiefern Lage unter dem Boden. Dazu nimmt man eine Visirplatte mit verschiebbarer Tafel, läßt, wenn man sich in A (Fig. 248) aufgestellt hat, die Tafel bis in die Ebene herab, wo sie der Visirstrahle des Perspectives trifft und geht mit der

*) Wollte man den Parallelabstand 10 Met. nehmen, so würde eine Lattenhöhe von gegen 34 Fuß nöthig sein, die in der Praxis sehr unbequem sein müßte. Man wird sich deshalb auf die halbe Schichtenhöhe beschränken müssen.

Bisirlatte weiter bis die Tafel am höchsten an der Latte ab steht; es folgt ohne Weiteres, daß sie diese Höhe nur in dem Punct d erreichen kann, welches der tieffte des Abflaßs und der Berührungspunct desselben mit der Horizontalen kn unter der Bodenfläche ist. Die Abläufe geben den Fuß der Bergschraffirung an und werden ihrer Lage nach durch die gewöhnlichen Messungsverfahren aufgenommen.

Dieses Verfahren kann vortheilhaft benutzt werden, um die Linie des Rinnfals in der Mitte eines Thales zu finden, welches sehr sanfte Abhänge bilden.

Zehntes Capitel.

Von den Höhenmessungen; Nivellements.

224. — Die Untersuchung um wie viel ein Punct über seinen Standort erhaben ist, nennt man Höhenmessung.

Erstreckt sich die Messung über zwei oder mehrere Puncte, eine Linie, eine Gegend, so daß man durch unmittelbares Messen den Höhenunterschied zweier oder mehrerer Derter auf der Erdoberfläche zu bestimmen sucht, d. i. um wieviel ein Ort mehr oder weniger von dem Mittelpunct der Erde entfernt ist als ein anderer, so nennt man die Operation Niveliren.

Diese Operationen sind, wenn sie auf größere Strecken ausgedehnt und durch eine Menge von Stationen verfolgt werden müssen, sehr mühsam und zeitraubend, und werden allenthalben da in Anwendung gebracht, wo Mühlen- und Canalbaue, Röhrenleitungen, Straßenanlagen, Flußregulirungen u. dergl. sehr genaue Abmessungen der Art nothwendig machen. Sie sind es mehr oder weniger, je nachdem die Nivelirungsinstrumente vollkommener sind, welche bei der Operation zu Gebote stehen.

225. — Im Allgemeinen sind die zum Niveliren bestimmten Instrumente so eingerichtet, daß man über einem beliebigen Punct A der Erdoberfläche, Fig. 249, eine mit der Horizontalebene AE dieses Punctes parallele Linie CD bezeichnen und den Punct D bemerken kann, wo sie die Höhenlinie eines Gegenstandes, eines Stabes trifft.