

man an die Berechnung der „rothen Maße“ *) oder derjenigen, die zu der Berechnung der Terrassirung dienen, gehen. Man nennt sie „rothe Maße“, weil sie auf den Profilen roth eingeschrieben werden.

Fünftes Capitel.

Das Abstecken und die Anlage der Kunststraßen.

243. — Die Anlage einer Straße begreift zwei besondere Arbeiten:

1) die Festsetzung der Punkte, durch welche die Straße gehen soll, in oberflächlicher Beziehung, ohne Verbindlichkeit, sich weiterhin gerade dieser Punkte bedienen zu müssen;

2) das wirkliche Abstecken der Straßenlinie oder die genauere Bestimmung dieser Punkte.

Diese kann nicht Statt haben, bevor das Nivellement beendigt und dessen Resultate eine Uebersicht des Terrains gewähren. Ferner muß ein Generalplan aufgenommen sein, um die Grundstücke kennen zu lernen, über welche die Straße führen wird. Aus ihm muß der Ackergehalt entnommen werden können von denjenigen Parcellen, welche durch den Straßenbau der Cultur entzogen werden; auf demselben werden die Eigenthümer und die Bonitrirungsklassen der einzelnen Stücke angegeben.

Die Vermessung muß um so sorgfältiger geschehen, wenn der Bau Städte und Dörfer berührt; sie verbreitet sich zu beiden Seiten nur auf 50—100 Meter der Straßenlinie und erfolgt nach den bereits beschriebenen Operationen. In Betracht, daß diese Vermessung einen von zwei Parallelen begrenzten Raum begreift, genügt es, diese Parallelen durch Senkrechte rechts und links der Straßenlinie abzustecken und die Endpunkte derselben durch sicher stehende Jalons zu bezeichnen. Die Vermessungs-

*) Vor Beginn dieser Rechnungen ist es nöthig, daß das Straßenprofil bestimmt werde, d. i., daß die ihm zu gebende Form festgestellt sei. Diese Form ändert mit den Localitäten des Terrains, über welches die Straße führt; wir werden daher in dem folgenden Capitel auf diese Berechnungen zurückkommen.

fläche liegt dann zwischen diesen Parallelen und die Straßenlinie in deren Mitte, welche durch starke numerirte Pfähle markirt wird.

Der Generalplan muß die Grenzen und die Natur der Grundstücke, die Wege, Gewässer, Sümpfe *ic.* und die Anknüpfung der die Straßenlinie bezeichnenden Pfähle an feste Punkte, wie große Bäume, Häuser *ic.*, enthalten. Die Straßenlinie (*Axe*) giebt man auf dem Plane durch eine roth punctirte starke Linie, die Seitenlinien durch volle feinere Linien an. Ferner zeichnet man auf demselben die Unebenheiten des Terrains durch horizontale Curven (§. 214); endlich schreibt man in jede Parcellle eine Nummer und legt nach diesen ein Register an, in welches man den Vor- und Zunamen der Grundbesitzer, den Inhalt und die Natur der Feld- oder Grundstücke, welche von der Straße berührt werden, eintragen muß.

Die Nivellements, die sich an die Anlage einer Straße knüpfen, unterscheiden sich von denen des achten Capitels darin, daß die Höhen des Niveau's sich auf eine beliebig gewählte Grundebene, die indeß stets durch einen Punkt der Bodenfläche geht, beziehen.

Bei dergleichen Nivellements braucht es keiner Rücksicht auf den Unterschied des scheinbaren und wahren Horizonts (§. 226), noch auf die Refraction (§. 228), weil die Stationsabstände selten größer als 300 Meter sind, wo jene Correctionen für Null zu achten. Uebrigens hindert dabei nichts, die Stände inmitten der Stationen zu nehmen.

Das Nivellement bei der Anlage einer Straße theilt sich

1) in das Niveliren der ganzen Länge nach, wodurch man das Längenprofil oder Profil nach der *Axe* erhält, welches einen Durchschnitt des Terrains nach der Straßenlinie mittelst einer senkrechten Ebene darstellt. Aus ihm erkennt man die Neigungen der Längenrichtung und die Erstreckung der Längelinien der Straße.

2) In die Nivellements in senkrechter Richtung gegen die *Axe*, Quersprofile. Sie geben die Gestalt der Straßenrichtung an in Verticalebenen durch diese Senkrechten zur *Axe*, in die Vergleichungsebene herabgeschlagen. Die Anzahl der Quersprofile ist unbegrenzt; man nimmt sie in jedem Punkte, wo die Bodenfläche ihre Gestalt ändert oder andere Neigungen eingeht.

244. — **Classeneintheilung der Straßen.**

Man hat drei Kategorien der Straßen angenommen: and-, Commercial- oder Poststraßen und Vicinalwege. Die Grenzen dieser Kategorien sind jedoch selten so bestimmt, daß sie nicht in einander übergängen, und die Art der Anlage, Breite &c. hängt im Allgemeinen von dem Verkehr ab, der auf ihnen Statt findet.

In Frankreich hat man folgende Classen von Kunststraßen festgestellt: Nationalstraßen (drei Classen), Departementalstraßen und große Communicationswege.

Man unterscheidet bei jeder Straße: 1) die Steinbahn, 2) die Seitenbankets oder Fußwege, 3) die Gräben; bei größeren Straßen legt man neben der Steinbahn oft noch einen Sommerweg an. Die Breitenabmessungen dieser Theile sind verschieden, je nachdem die Landesbehörden selbige reglementsmäßig bestimmt haben.

In Preußen beträgt bei Hauptstraßen die Breite der Versteinung 16 Fuß
des Sommerwegs 12 =
jedes der beiden Bankets 6 = also zusammen 12 Fuß,

folglich die ganze Breite des Planum 40 Fuß,
wozu noch auf jeder Seite 2 Fuß zur Straße gehörig gerechnet werden.

Bei Wegfall des Sommerwegs wird die Bahn 20 Fuß,
die Bankets 12 =
also die Straße ohne Gräben und Böschungen 32 Fuß.

Bei Nebenstraßen und in Bergen ist die geringste Breite mit Sommerweg in der Steinbahn 12 Fuß,
der Sommerweg 10 =
die beiden Bankets 8 =
zusammen 30 Fuß.

Eine dergleichen Straße ohne Sommerweg
zur Steinbahn 16 Fuß,
zu zwei Bankets 8 =
zusammen 24 Fuß.

In Frankreich werden die Straßen reglementsmäßig: Bei den Hauptstraßen (routes nationales) in drei Classen:

jedes Steinbahn	5 bis 7	Met.
jedes Bankets (accotement)	2,50 bis 3,50	Met.
ein Graben	1,50	Met.
ganze Breite	14 bis 20	Met.

Bei Nebenstraßen (routes départementales)

die Steinbahn	4 bis 5	Met.
ein Banket	2 bis 2,5	"
ein Graben	1,5	"
<hr/>		
ganze Breite	10 bis 12	Met.

Größere Communicationswege

die Steinbahn	3 bis 4	Met.
ein Banket	1,5 bis 2	Met.
ein Graben	1	"
<hr/>		
ganze Breite	6 bis 8	Met.

Werden Wege in Wäldern chauffirt, wo bedeutende Holzabfuhr ist, so nimmt man die Breite so an, daß zwei beladene Holzwagen einander ausweichen können, und macht

die Steinbahn	4	Met.
das Banket	2	"
den Graben	1 bis 1,5	"

Letztere Grabenweite ist auf nassen Boden berechnet.

Die Operationen bei Anlegung einer Straße sind bei allen Classen dieselben; wir können sonach die letzteren Dimensionen zu Grunde legen, da dergleichen Straßen niederer Classe am häufigsten vorkommen.

Vor dem Unternehmen muß 1) die Lage auf dem Terrain ausgemittelt und 2) der Kostenanschlag gemacht werden. Die beiden Punkte des Anfangs und des Endes der Straße sind festgestellt und gewöhnlich zwei Städte, deren Bedürfniß oder Fabrikthätigkeit Communicationen fordern. Bei Waldstraßen sind es in der Regel Anknüpfungspuncte an Straßen oder Vicinalwege.

245. — Von der Gestalt (dem Straßenkörper). Man kann Straßenanlagen unterscheiden, die aufgehöhhet, vertieft, zum Theil aufgetragen und ausgegraben werden müssen und auf gewachsenem Boden angelegt.

Eine Straße wird aufgeföhren, wenn das Planum über der Bodenfläche liegt;

sie ist ausgegraben, wenn ihr Planum unter den gewachsenen Boden zu liegen kommt;

sie wird theilweise abgegraben, theilweise aufgeschüttet, wenn das Planum über wellenartigen Boden führt und sie kann endlich auf gewachsenem Boden liegen, wenn

ihr Planum wenig oder nicht über das natürliche Terrain tritt.

Die Straßen erhalten eine Wölbung (bombement) der Breite nach, damit das Wasser leicht abfließen, sich auf der Oberfläche nicht halten und so wenig wie möglich schaden kann. Diese Wölbung soll $\frac{1}{100}$ auf die Hälfte der Breite mit Einschluß des Bankets erhalten.

Im Preussischen muß die Wölbung der Steinstraße auf jeden Fuß der Breite, bei einem Gefälle von $\frac{1}{4}$ bis 1 Zoll auf die Ruthe $\frac{1}{2}$ Zoll, bei einem Gefälle von 2 bis 3 Zoll $\frac{1}{4}$ Zoll, bei 7 bis 8 Zoll Gefälle $\frac{1}{2}$ Zoll u. s. w. nach Verhältniß des Gefälles betragen. Beträgt der Abfall über 4 Zoll auf die Ruthe, so muß die Steinbahn breiter gemacht werden.

Die Böschung der Gräben wird unter 45° angelegt.

Die geringste Erdböschung der Gräben in Bergdurchschnitten und an der Straßenseite ist $1\frac{1}{2}$ -füßig, an der äußeren Seite aber einfüßig.

Preuß. Reglem.

Dieser Böschungswinkel ändert sich jedoch zuweilen, wenn die Beschaffenheit des Bodens es verlangt.

Bei aufgefülltem Straßenkörper giebt man der Böschung $1\frac{1}{2}$ Meter Grundbreite auf 1 Meter Höhe*).

246. — Fall der Straßenlänge. Bei der Anlage wird es nöthig, hier und da eine gewisse Strecke des Bodens abzugraben, an anderen Stellen aber aufzufüllen. Wenn ein mit einer gewissen Last beladenes Fuhrwerk auf ebenem Boden leicht gezogen werden kann, so müssen die Pferde diese Last auch auf ansteigendem Boden oder über eine Anhöhe noch ohne große Anstrengung ziehen können.

Wenn AB (Fig. 271) eine schiefe Ebene ist, die gegen die Horizontale AC den Winkel $= \alpha$ eingeht, in ein Wagen, der beladen mit dem Gewicht P, auf dieser Ebene gezogen wird, so haben die Pferde außer dem Gewicht P noch ihr eigenes M zu ziehen und dabei die Reibung zu überwinden, die der Wagen auf horizontalem Wege erfährt, eine Reibung, die man auf $\frac{1}{50}$ P anschlägt.

Die anfängliche Anstrengung ist gleich und direct entgegengesetzt dem Ergebnis R des Gewichtes (P + M) in der Richtung der schiefen Ebene $= (P + M) \text{ Sin. } \alpha$.

*) Man nennt zuweilen: „volle, ganze, auch einfüßige Böschung“, wenn die Höhe gleich der Breite der unteren Anlage; „halbe, halbfüßige Böschung“, wenn die Anlage die Hälfte der Höhe beträgt; „ein und $\frac{1}{2}$ -füßig“, wenn auf jeden Fuß Höhe $1\frac{1}{2}$ Fuß Grundanlage kommen.

Die ganze Anstrengung, welche die Pferde zu machen haben, ist sonach

$$\frac{P}{50} + (P + M) \text{Sin. } \alpha$$

oder $0,02 P + (P + M) \text{Sin. } \alpha$.

Weil aber die Winkel in der Regel nur klein sind, so kann man für den Sinus die Tangente setzen und wenn man F als die constante Kraft der Pferde nimmt, so hat man für die Belastung, die sie ziehen, abgesehen von ihrem eigenen Gewicht:

auf einer Neigung von 0,005 auf den Meter,

$$P = \frac{F}{0,02 + 0,005} = \frac{F}{0,025}$$

auf 0,01 Neigung pr. Met. $P = \frac{F}{0,02 + 0,01} = \frac{F}{0,03}$

• 0,02 " " " $P = \frac{F}{0,02 + 0,02} = \frac{F}{0,04}$ "c.

Man sieht hieraus, daß die Lasten sehr schnell abnehmen und daß, wenn die Pferde eine gewisse Neigung zu überwinden haben, dies nur durch Verminderung der Last geschehen kann.

Die in diesem Bezug gemachten Erfahrungen zeigen, daß die Neigung in keinem Falle 0,05 pr. Meter oder 3° übersteigen darf, weil man bei größerer als dieser Neigung nicht ohne große Uebelstände von den Pferden eine größere Kräfteanstrengung fordern würde.

Bei unvermeidlichem Fallen und Steigen darf der Abhang einer Kunststraße nie mehr als 8 Zoll auf die laufende Ruthe oder $\frac{1}{8}$ der Länge und zwar bis auf eine Höhe von 100 Fuß betragen.

Mindestens muß dagegen der Abhang überall $\frac{1}{4}$ Zoll auf die Ruthe oder $\frac{1}{78}$ der Länge sein, und, wo die Bahn im Ganzen wagerecht liegt, in kurzen Strecken abwechseln. Die Bahn muß daher, damit sie überall vollständig entwässert werde, stets steigen oder fallen; über Berge jedoch bis auf den Gipfel beständig steigen. Wechselt das größte Gefälle von 8 Zoll auf die Ruthe mit geringerem, namentlich höchstens 6-zölligem Gefälle, auf längere Strecken ab, so muß, auf jede folgende 100 Fuß Höhe, das Gefälle um $\frac{1}{2}$ Zoll auf die Ruthe vermindert werden, bis das Gefälle nur noch 6 Zoll pr. Ruthe beträgt, welches bis auf die größte Höhe ununterbrochen beibehalten werden kann.

Bei einem stärkeren Abhange als 4 bis 6 Zoll fällt der Sommerweg weg und die Steinbahn wird verbreitert. Preuss. Reglem.

247. — Das Abstecken der Straßenlinie. Das Abstecken der Straße ist nicht mit deren Richtlinie zu verwechseln. Die Richtung wird durch die Hauptpenionnet, Feldmefskunde. 28

puncte bestimmt, welche die Straße in Verbindung setzen soll; das Abstecken hat den Zweck, die Lage aller Punkte festzustellen, welche in die Mittellinie der Straße zu liegen kommen.

Wenn die Hauptpunkte festgestellt sind, das Terrain zwischen ihnen keine größere Neigung als 0,05 pr. Met. ergibt und sich sonst keine Hindernisse finden, so genügt es, jene Punkte durch Gerade zu verbinden, wozu (§. 23) Anleitung giebt. Es ist dann ein Nivellement der Richtung der Geraden vorzunehmen. Wenn man aber zwischen den gegebenen Punkten auf größere Neigungen als 0,05 trifft, so darf die gerade Richtung nur beibehalten werden, sofern die Abgrabung der Höhen und Auffüllung der Tiefen nicht zu große Kosten verursacht.

Es sind **A** und **B** (Fig. 262) die beiden Richtpunkte; zwischen ihnen befindet sich die Höhe **C** von einer Neigung = 1, die das bestimmte Maximum übersteigt.

Damit der Abfall von dem Gipfel der Höhe nach **M** nicht größer als 0,05 pr. Meter werde, muß auf der geneigten Ebene **C** eine Linie **NM'** gesucht werden, welche die verlangte Neigung hat.

Da sich die Punkte **M** und **M'** auf derselben horizontalen Ebene, **N** aber auf einer höher liegenden befinden, so legt man durch die Geraden **NM** und **NM'** zwei Verticalebenen. Die Flächen dieser Durchschnitte geben die rechtwinkligen Dreiecke **NbM** und **NbM'**, in denen **Nb** den Höhenunterschied zwischen **M** und **N** und zwischen **M'** und **N** angiebt; **bM** und **bM'** sind die wahren Entfernungen zwischen diesen Punkten.

Wäre nun $M'm' = 1$ Meter, so bezeichnet $m'n'$ den Abfall pr. Meter = $1' = 0,05$ von **M'N**; das Dreieck **NM'b** giebt $M'b = \frac{M'm' \cdot Nb}{m'n'} = \frac{1 \cdot Nb}{1'}$

oder einfach $\frac{Nb}{1'}$. Kennt man **M'b**, so genügt es, diese Entfernung auf dem Maßstabe des Planes zu nehmen, und auf dem Plane einen Bogen zu beschreiben, der die Fußlinie **MM'** des Hügels in **M'** schneiden wird; verbindet man noch **BM'** durch eine Gerade, so ist **ANM'B** die verlangte Linie.

Um diese auf dem Terrain abzustecken, richtet man **AN** nach dem bekannten Punkte **B** ein, bildet in **N** mit-

telst eines Winkelmessers den Winkel ANM' (den man entweder berechnen oder auf dem Plane mit dem Transporteur abnehmen kann) und steckt endlich die Richtung von M' nach B ab.

Dieses Verfahren ist indeß wenig im Gebrauch, weil das mindeste Hinderniß dessen Anwendung verhindern kann.

Das Gebräuchlichere ist, daß man auf dem Eskimeter (§. 213a) einen Winkel nimmt, welcher der gegebenen Neigung der Straße gleich ist; dies würde hier der Winkel bNM' oder $NM'b$ (Fig. 262) sein. Man stellt sich dann in einen dieser Punkte und läßt die Zieltafel in N oder M aufstellen, wie es früher erklärt worden, nur daß das Perispectiv geneigt statt horizontal ist.

Es ist begreiflich, daß man andere Dispositionen nehmen kann, um den Hügel C zu übersteigen.

Man kann z. B. die Gerade NM' brechen und in der Lage NKM (Fig. 262) oder auch in der gebrochenen Linie $NKLM$ (Fig. 272) führen. Oft kommt dabei der Kostenpunct bei Entscheidung über den einen oder andern Tract in Rechnung; und gewöhnlich wird dann der minder kostspielige vorgezogen. Jedoch müssen immer die Schwierigkeiten bedacht werden, die sich auf der Straße für den öffentlichen Verkehr bieten könnten.

Wenn die Anhöhe verschiedene Neigungen bietet, ist die Operation eben auch einfach. Man behandelt jede Neigung für sich; der Tract ist dann gewöhnlich eine Curve oder eine stete gebrochene Linie wie $MLKN$ (Fig. 273).

Sind zwei Punkte A und B (Fig. 274) in Verbindung zu setzen, auf deren Allignement zwei Thäler oder ein Wasserlauf befindlich, so lassen sich offenbar diese Thäler nur normal der Curve überschreiten, welche jeder der Wasserläufe macht. Man führt in diesem Falle Bm normal dieser Curve, welches leicht zu bewirken ist, und gleich der Breite des Thales tu ; dann mr gleich und parallel vs , verbindet Ar und legt $N'N$ parallel vs von derselben Länge; endlich zieht man NM parallel Ar , MM' parallel Bm und verbindet $M'B$.

In sehr bergigen Gegenden bieten diese Operationen große Schwierigkeiten; die sich öfters nur durch eine topographische Vermessung (§. 211 u. f.) heben lassen; die Curven geben dann die Punkte an, durch welche

man die Straße zu legen und die Hindernisse umgehen kann. Man zeichnet in den Plan die Mittellinie der Straße mit Bleistift ein und sucht dabei den Thälern zu folgen und in der kürzesten Distanz und unterhalb der Bergrücken zu gehen. Man schreibt hierauf die nächsten Höhenmaße dieser Linie bei, um durch deren Vergleichung den Straßenzug bestimmter ermitteln zu können, den man zuletzt auf dem Terrain bestimmt. Die Bergschraffirung fällt für dergleichen Fälle weg.

Angenommen, man wolle auf der Charte die Straßenlinie bestimmen, die einen Hügel ag (Fig. 275) schneidet, dessen Abfall durch die Curven a, b, c, \dots, g verzeichnet ist, und AB sei die Richtung der Straße.

Die Anzahl, Sechs, der Zonen zwischen A und B zeigt an, daß die Höhendifferenz dieser Punkte 60 Meter betrage (den Parallelabstand 10 Meter genommen).

Die Formel (§. 247) giebt

$$AN = \frac{60}{0,05} = 120 \text{ Met.}$$

Der Tract wird folglich AN . Wenn der Hügel fortläuft und die Curven an Breite ändern, dann wiederholt man die Operation von N aus, immer sich der Richtung AB der Straßenlinie nähernd.

248. — Vereinigung der Straßenzüge. Wenn zwei Richtungen oder Alignements sich unter einem Winkel schneiden, so muß man bedenken, daß ein Geschirr aus einem Alignement in's andere nicht ohne Gefahr des Umwerfens übergehen kann. Man macht dann Gebrauch von den Einlenkungscurven. Diese Curven, zu denen die Alignements Tangenten sind, sind regulär oder parabolisch.

Gesetzt, ein Geschirr AE (Fig. 276) habe 23 Met. Länge mit der Spannung, dessen Breite Bb sei 1,8 Meter, so müßten bei dem Uebergange aus einem in das andere Alignement die Enden A und E die äußeren Ränder der Chauffee ab berühren und dessen Mitte den andern Rand in b treffen. Es wird also der Radius $AC = x$ des Bogens Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks ABC sein, dessen eine Kathete gleich $\frac{23}{2} = 11,5$ Meter, die andere CB aber gleich $x - (4 - 1,8)$ sein; angenommen, daß die Chauffee 4 Meter Breite habe.

Dieses giebt

$$x^2 = (11,5)^2 + (x - 2,2)^2 = 132,25 + x^2 - 4,4 \cdot x + 4,84$$

woraus

$$x = \frac{137,09}{4,4} = 31,16 \text{ Meter,}$$

und für den Radius der Arenlinie der Chaussee:

$$31,16 - \frac{4}{2} = 29,16 \text{ oder } 30 \text{ Meter.}$$

Der Radius AC darf sonach in keinem Falle geringer als 30 Meter sein. Dabei ist zu bemerken, daß bei sehr engen Defilees man dem Radius nie weniger als 2 bis 300 Meter Länge, öfters bis 500 Met. giebt.

Wenn der Radius des Einlenkungsbogens gefunden ist, so sind die Tangentialpuncte dieses Bogens mit den Allignements zu bestimmen.

Man hat im Allgemeinen ein rechtwinkeliges Dreieck AFC (Fig. 277) zu lösen, in welchem AC und der Winkel AFC = $\frac{1}{2}$ AFD, die man auf dem Terrain mißt, gegeben sind.

Man bedient sich hierauf der Tangenten AF und FD zu Beschreibung des Bogens ABD. Es giebt mehre Verfahren, den Bogen zu erhalten, ohne sich von der Bahnlinie zu entfernen, wir wollen nur die bekanntesten anführen:

1) Man verbinde die Puncte A und D (Fig. 277); jeder Winkel AkD, dessen Scheitel auf dem Bogen ABD liegt, hat die Hälfte der übrigen Peripherie zum Maße und ist gleich dem Supplement des Winkels DAF.

Um also den Punct k zu finden, der dem Bogen ABD angehört, bemerke man, daß der Winkel kAD, dessen Maß der halbe Bogen kD ist, gleich ist dem Winkel kDF, durch denselben Bogen gemessen.

Wenn man nun in A irgend einen Winkel DAK und in D einen gleichen FDk trägt, so ist der Durchschnittspunct k der Schenkel Ak und Dk ein Punct des gesuchten Bogens. Macht man ferner den Winkel k'DA = k'AF, so ergiebt sich ein zweiter Punct des Bogens ABD, und es lassen sich auf diese Weise so viel Puncte aussuchen, als man zu Feststellung dieses Bogens nöthig erachtet.

2) Hat man die Punkte A und D wie oben bestimmt (Fig. 278), so theile man AF und DF in eine gleiche Anzahl gleicher Theile, verbinde durch Gerade die Theilpunkte a, b, c, a', b', c', nämlich D mit a', a mit b', b mit c' und c mit A. Es sind dann die Durchschnittpunkte k', k'', k''' so viel Punkte der Curve.

Diese Operationen machen jedoch eine große Anzahl von Linien nöthig, auch wird die Lage der Punkte nie ganz genau, weil alle Linien sich unter sehr stumpfen Winkeln schneiden; es bleibt dann nöthig, deren Lage zu berichtigen, um eine Curve von passender Form zu erhalten. Uebrigens sind sie auch in bewachsenem oder coupirtem Terrain wenig anwendbar, weil oft ein Baum, ein Abhang ic. das Abstecken der Linien verhindern kann. Man zieht daher vor, die Curve mittelst Coordinaten zu bestimmen.

3) Man nehme Aa (Fig. 279) beliebig, errichte die Senkrechte ak, fälle die Senkrechte kc auf AC und verbinde kC. Dadurch entsteht das rechtwinkelige Dreieck kcC, dessen Hypotenuse $kC = AC$ und Seite $kc = Aa$ bekannt sind. Es läßt sich also das Dreieck lösen; kennt man aber Cc, so hat man auch $ak = AC - Cc$.

Giebt man der Linie Aa 20 Meter, so reicht hin, diese Distanz auf AF von A aus zu tragen, und in a eine Senkrechte $= ak$ zu errichten. Indem man auf gleiche Weise ein zweites rechtwinkeliges Dreieck k'Cc' konstruirt, erhält man eine zweite Senkrechte $a'k' = AC - Cc'$, die einen andern Punkt k' der Curve giebt; und so lassen sich mehre Punkte der Curve finden. Ist die Curve regulär, wie in dem vorliegenden Falle, dann gehören die Punkte k, k' . . . des Bogens AB auf dem Bogen BD der anderen Hälfte.

Die Ordinaten ak, a'k' lassen sich auch nach der bekannten Formel

$$ak = AC \pm \sqrt{AC^2 - Aa^2}$$

berechnen, in welche man nach und nach Aa, Aa' . . . = 20 Meter, 40 Meter . . . setzt.

4) Desters zieht man zu dem Verbindungsbogen die Parabel vor. Um sie zu bilden, nimmt man AF und FD (Fig. 280) verschieden, verbindet AD und macht $AE = \frac{1}{2} AD$. Hierauf zieht man FE, die man in zwei gleiche Theile, FD und FA, DE und AE aber in

vier gleiche Theile theilt, und verbindet die Theilpuncte durch Gerade, wie die Figur angeht; zieht bo und macht endlich bk' und $ek' = \frac{1}{4} BE$, so wie ak , rk'' , $dk = \frac{1}{16} BE$, wodurch man die Puncte k , k' , k'' der Curve erhält.

5) Die parabolische Verbindung kann auch nach 2) bewirkt werden; denn wenn DF (Fig. 278) größer als AF ist, so entfernen sich die Puncte der Parabel nach der Seite dieser Tangente mehr als gegen A und der Bogen erweitert sich.

6) Wenn man sich weder mit den Berechnungen (nach 4) noch mit dem Abstecken der zu den Puncten der Curve nöthigen Linien einlassen will, so wendet man eine einfache graphische Construction an, die gemeiniglich zu genügenden Resultaten führt. Man construirt auf ein besonderes Blatt den Winkel AFD (Fig. 281), stellt die Puncte A und D auf, wozu man einen größern Maßstab anwendet, zeichnet dann die Curve mit Hülfe eines der obigen Verfahren, und zieht beliebig die Ordinaten ak , bk , $ck \dots$, deren Länge, so wie die Abstände Da , Db , $Dc \dots$ man auf dem Maßstabe mißt.

Es hat keine Schwierigkeit, die Curve mittelst dieser Maße auf dem Felde abzustecken.

7) Es kann der Fall einer Verbindungscurve in S vorkommen, namentlich wenn ein Thal durchschnitten wird.

Hier theilt man das Allignement FF' (Fig. 282) in zwei gleiche Theile FN und $F'N$, bestimmt FA und $F'D$ nach der Dertlichkeit und zeichnet die Curve DNA durch eins der vorstehenden Verfahren, indem man die Winkel AFN , $DF'N$ abgesondert vornimmt.

Die Absteckung der Verbindungscurven ist nicht eher bestimmbar, bis die Arenrichtung der Straße vollkommen festgesetzt ist, und diese ist nur nach vorgängigem Nivellement und einem großen Theile der Abgrabungsberechnungen mit Sicherheit anzuordnen; denn zuweilen kann die Verlegung der Arenlage um einige Meter viel Arbeiten ersparen. Man darf daher nicht ermüden, die Dertlichkeit zu studiren, um sich genaue Rechenschaft von der am besten zu legenden Linie zu geben.

Wenn die Curven auf abschüssige Stellen zu liegen kommen, so müssen sie eine geringere Neigung erhalten, als die geradlinigen Allignements haben, die sich ihnen anschließen; weil die Pferde einen größeren Kraftaufwand

machen müssen, wenn sie die Richtung wechseln, muß man diesen durch Verflachung der Neigung zu compensiren suchen.

Darum muß man auch vermeiden, Hügel abwärts zu gehen, indem man Zickzack legt, wie NKLM (Fig. 272); besser ist's, sie in gerade Linien abzuwickeln oder nur drei Einbiegungen NK'M zu machen.

In bergigen Gegenden sind die Straßen an der südlichen, oder östlichen, oder wenigstens an der westlichen Seite des Berges zu legen. Auch geht man nur in bedingten Fällen von der Thallinie ab und legt die Straße so hoch über den Boden des Thales, als der Schutz gegen Ueberschwemmungen verlangt; und man darf die Thäler am wenigsten bloß deshalb verlassen, um über das bestimmte Maß hinaus auf Kosten des Gefälles an Länge zu ersparen. Bei Anordnung der Straßenlinie hat man auch mit auf leichte Herbeischaffung des Materials zu sehen, daher keine Gelegenheit unbenutzt zu lassen, wo man sich dergleichen Depots nähern kann. Seen, Moräste und Senkungen, deren Entwässerung unthunlich ist, müssen umgangen werden, wenn nicht eine genaue Kostenberechnung nachweist, daß die Umgehung eben so hoch kommt, als die Durchschneidung des Morastes mittelst eines soliden Dammes.

In Felsenwände, die keinen Raum zur Straße neben sich gestatten, schneidet man die Straßenbreite zur Hälfte in den Felsen ein und füllt mit dem erhaltenen Gerölle die andere Hälfte an.

Kann eine Höhe von 100 Fuß durch einen Umweg von 120 Ruthen vermieden werden, und in diesem Verhältniß größere Höhen, so hat der Umweg, wenn sonst gegen seine örtliche Lage nichts zu erinnern ist, gegen die kürzere Linie über die Höhe den Vorzug.

Die Böschung der Erdwände unvermeidlicher Hohlwege muß an der Mitternachtsseite wenigstens dreifüßig, in andern Lagen wenigstens zweifüßig sein.

Bei Wendungen wird der Bogen, in welchem sich beide Linien vereinigen sollen, so abgesteckt, daß wenn der Winkel des Zusammentreffens der Linien größer als 120° ist, die Straße sich um $\frac{1}{4}$, bis zu 90° um die Hälfte verbreitet. Die Wendungen selbst erhalten nie Abhang.

Straßen längs eines Bergabhanges müssen nach der Bergseite um $\frac{1}{16}$ der Breite gesenkt sein.

Der Sommerweg erhält von der Steinbahn bis zum Graben einen Abhang von $\frac{1}{4}$ seiner Breite.

Kiesstraßen erhalten in der Regel keinen Sommerweg, dagegen eine Breite von 20 bis 24 Fuß zwischen den beiden 6 Fuß breiten Bankets. Die Höhe deren Wölbung beträgt immer $\frac{1}{8}$ der Breite.

Sogenannte Pressen an geneigten Bahnen zu Ruhepunkten sind unzweckmäßig. Wagerrechte Stellen zu Ruheörtern in den Straßen müssen wenigstens 5 Ruthen lang sein.

(Preuß. Reglement.)

249. — Von der Berechnung der Profile. Haben wir nun die Dimensionen der verschiedenen Classen von Straßen kennen gelernt, so können wir mit Be-

rechnung der Profile (§. 242) beginnen. Als Grundlagen dieser Rechnungen wollen wir die beiden gebräuchlichen Typen (Fig. 283 und 284) annehmen.

Die erste Figur stellt eine abgegrabene Straße im halben Profil $Xdmbc$, und das halbe Profil $Xdno$ einer aufgefüllten Straße dar. Wenn der Weg in gewachsenem Boden angelegt wird, gilt das erstere Profil, nur die Böschung bc des Grabens beschränkt sich auf den Theil ab ; ist die Straße eingeschnitten, dann verlängert sich diese Böschung, bis sie die Oberfläche des Bodens (gegen c) trifft.

Befindet sich die Straßenfläche mn über der anliegenden Bodenfläche (Fig. 283), so wählt man das zweite Halbprofil $Xdno$; der Graben fällt weg und wird durch die Böschung no (§. 245) ersetzt.

Die Anlage (Fig. 283) nimmt man jedesmal an, wenn die Straße halb eingeschnitten ist. Deren Oberfläche neigt sich gegen den Abstieg des Randes. Kleine Rinnen oder Wasserläufe von Distanz zu Distanz gestatten den Ablauf des Wassers, welches von den Bergen oder der Straße kommt, nach der Tiefe.

Gewöhnlich beachtet man bei der Berechnung der Erdarbeiten die Form der Straße zwischen den Gräben nicht, nimmt vielmehr die Curve edb (Fig. 285) als Gerade ab , horizontal oder von der Are ab geneigt, läßt aber einen Theil fac der Beschotterung gleich dem Theil fdb des Seitenwegs. Wir nehmen dieses Princip an, bemerkend, daß die mehre Arbeit, die durch das Ausgraben des Steinlagers entsteht, wenn die Straße nach ab angelegt wird, keine Kosten verursacht, die zu bedenken wären; denn in der Praxis geben die Arbeiter später selten dem Lager die gehörige Form. Uebrigens wird, wenn die Dicke des Steinlagers nicht 20 Centimeter übersteigt, die Gerade ab horizontal gelegt, sie geht dann durch die beiden Kanten der Gräben und durch den Scheitel a .

250. — Berechnung der rothen Masse. Wenn man die vorläufige Absteckung der Straße auf dem Terrain (§. 247 u. f.) mit Sorgfalt gemacht hat, so wird man die Lage der Are wenig zu verändern brauchen; man giebt dann unmittelbar die Lage der Straße an, die sie in dem Längenprofil erhalten soll.

Bei Bestimmung dieser Lage sind drei Bedingungen zu berücksichtigen: daß sie eine Neigung von 0,005 auf den Meter habe; daß diese Neigung die von 0,05 (§. 241) nie übersteige; und daß der Abtrag die Aufschüttung compensire.

Diese dritte Bedingung ist jedoch bei Waldwegen nicht so unverbrüchlich, weil man, wo es nöthig und besonders kostensparend sein möchte, in dem Holze Ausstiche zu Auffüllung der Straße machen kann; eben so kann man die Erde, die irgend bei Durchstichen erwächst, und nur auf weite Distanzen zur Verwendung fortgeschafft werden könnte, liegen lassen.

Man versteht unter Abtrag die Masse agb (Fig. 283) des Bodens, die sich zwischen der projectirten Oberfläche der Straße und der Oberfläche des Terrains befindet, und beseitigt werden muß; unter Aufschutt die Masse $gkdc$, die ebenfalls zwischen den genannten Oberflächen liegt, aber durch Auffüllung von Erde gewonnen werden muß, damit die Straße die verlangte Höhe erhalte.

Diese Bedingungen führen natürlich darauf, eine Linie aufzusuchen, welche die wenigste Abgrabung und Auffüllung mit sich bringt, wobei jedoch die Berücksichtigung der Nutzbarkeit und Ersparniß nicht aus den Augen verloren werden darf; also auf Umgehung solcher Punkte, die durch die Beschaffenheit des Terrains langwierige Arbeiten, daher großen Kostenaufwand veranlassen können*).

Um die Lage der Straße zu reguliren, denken wir uns die Gerade ac (Fig. 261) und suchen die Neigung dieser Linie auf den Meter: ziehen wir die Horizontale ay , so ist die Neigung von $ac = cc' - aa' = cy = 14,7 - 10 = 4,7$ Meter und die auf den Meter, $ay : cy = 1 : x$ (§. 176), ay aber $= a'b' + b'c' = 111$ Meter. Man hat also $111 : 4,7 = 1 : x = 0,042$ Meter. Diese Neigung verhält sich in den vorgeschriebenen Grenzen (§. 246), man kann daher ac annehmen. Auf dieselbe Weise suche man, wie sich eine andere Verbindungslinie zwischen c und e verhalten wird.

*) Man hat jetzt beim Bau von Kunststraßen angenommen, mehr auf gerade Linie als auf Berücksichtigung von Hindernissen zu projectiren und geht nur dann von geradem Alignement ab, wenn die Hindernisse zu bedeutend sind.

Hier ist $14,7 - 9,4 = 5,3$ Met. auf eine Distanz von $40 + 112 = 152$ Met., folglich

$$152 : 5,3 = 1 : x, \quad x = 0,036 \text{ Met.}$$

Auch diese Neigung entspricht den Bedingungen und ist gleichfalls zulässig. Bemerken wir immer, daß bei Legung einer Geraden af die Abgrabung agb geringer ist als acb , und daß, bei Führung einer andern fn , ebenfalls die Masse der Auffüllung gfc vermindert wird, Ferner sind die Distanzen des Transports geringer; denn die Erde, die aus der Abgrabung abg genommen wird, kann in das aufzufüllende Stück zwischen dd' und den Punct g aufgefahren werden, und die, welche aus kne erfolgt, füllt den Theil k bis d ; so daß folglich die Baukosten am wenigsten hoch werden.

Man darf indessen dabei nicht allein die Ansicht des Längenprofils in Betracht nehmen; auch auf die Quersprofile muß man sein Augenmerk richten und kurz überlegen, welche Abgrabung und Auffüllung aus ihnen erfolgt, um sich für eine oder die andere Linie zu entscheiden: so daß wir, bei Betrachtung des Dreiecks agb , nicht diese Fläche, sondern die Masse zu berücksichtigen haben, die sich für die ganze Breite der Straße ergibt.

Um die Lage von af zu bestimmen, läßt sich auf verschiedene Weise verfahren: zuerst kann man, nachdem diese Linie mit Bleistift in dem Profil gezogen ist, die Distanz $c'f$ messen, um die Neigung durch obiges Verfahren kennen zu lernen. Betrachten wir, um ein anderes Beispiel aufzustellen, das rechtwinkelige Dreieck ayf . Indem wir für af eine Neigung von $0,031$ annehmen, ist $1 : 0,031 = ay : yf$ oder $1 : 0,031 = 111 : yf$, woraus $yf = 3,44$ Meter. Es muß sonach der Punct f um $3,44$ Meter unter den Punct a gesetzt werden.

Man hat also für die Höhenlage von f , $aa' + yf = 10,00 + 3,44 = 13,44$ Meter. Dieses Maß wird in das Profil roth eingeschrieben und af mit derselben Farbe gezogen.

Alle übrigen Maße und Linien, die bestimmt werden, schreibt und zeichnet man gleichmäßig ein. Indem wir für fn eine Neigung von $0,017$ annehmen, finden wir, daß n um $2,58$ höher als f liegt und daß $e'n = 10,86$ Met. ist.

251. — Anlage des Straßenprofils nach den Querschnitten. Um die Lage des Straßenpro-

sils nach den Quersprofilen ordnen zu können, so wie auch die abzugrabende Masse zwischen a und b, b und g kennen zu lernen, indem diese Massen sehr verschiedene Formen von einem Profil zum andern haben können, müssen wir das rothe Maß bb'' suchen. Die Operation gleicht der obenbeschriebenen; indem wir nämlich das Dreieck azb'' bilden, wird $b'z = 59 \cdot 0,031 = 1,83$ Meter, welches für $b'b'$, $10 + 1,83 = 11,83$ Meter giebt. Zieht man bb' von $b'b''$ ab, so bleibt $bb'' = 0,51$ Met. Daher fällt die Straßenebene unterhalb des Punktes b auf der Axe um 0,51 Meter. So findet man, daß die Ebene über den Punct d der Axe um 0,3 Met. zu liegen kommt. In der Praxis schreibt man nur die letztern Maße in die Profile ein.

Die rothen Maße bb'' , cf , dd'' und ne dienen zum Auftragen des Straßenprofils nach den Quersprofilen. Es ist aber wesentlich zu beachten, ob das Profil über oder unter die Punkte der Axe fällt, um nicht in große Irrthümer zu verfallen.

Da angenommen ist, daß die Vergleichungsebene, in Bezug auf die Quersprofile, durch jeden Punct des Terrains auf der Axe (§. 249) geht, so genügt, daß man in a (Fig. 263) das Straßenprofil auf die Vergleichungsebene selbst trägt; in b unterhalb eine Länge $bb' = 0,51$ Met. setzt und das Profil aufträgt, indem man durch b' eine Parallele gh mit der Vergleichungsebene zieht; in c das Maß $cc' = 1,26$ Met. oberhalb setzt und das Profil auf die Parallele durch c' zeichnet u. s. f. Wir müssen bemerken, daß sich die Quersprofile in der Praxis in entgegengesetzter Richtung des Ganges auf dem Terrain darstellen; so daß, wenn man von a nach e (Fig. 254) gegangen ist, das in a construirte Profil den oberen Theil des Zeichenblattes einnimmt; der Durchschnitt des Terrains aber angenommen wird, als erstrecke es sich unter die Vergleichungsebene.

Bei den Quersprofilen sind die gleichen Operationen vorzunehmen, die wir bei den Längenprofilen angegeben haben; d. h., es sind die rothen Maße, die zu der Berechnung der Abschnitte zwischen dem Straßen- und dem Terrainprofil nöthig werden.

Nehmen wir zuvörderst das Quersprofil in a. Die Straße wird gewöhnlich in zwei Hälften getheilt: in die linke Seite, oder den Theil, der links der Axe, dem

Gänge der Operationen nach, liegt und die rechte Seite, oder den andern anliegenden Theil. Die linke Seite des Profils a stellt eine polygonale Fig. amspna in Abtrag oder die Grundfläche eines Körpers dar, zwischen dem ersten Profil und dem zweiten b; es ist sonach der Inhalt dieser Grundfläche zu suchen, die in das Dreieck amn, das Trapez mnpo, ein zweites oprq und das Dreieck qrs zerfällt. Da nur von den zur Berechnung nöthigen Elementen die Maße an = 4 Met., mo = 0,5 Met., pr = 0,5 Met. bekannt sind, so müssen die übrigen gesucht werden.

Zuerst ist mn durch das schwarze Maß gegeben, als Resultat eines Visirstrahles von 4 Meter von der Arc. Für op ist zu bemerken, daß die Seite mo des Trapezes mopn zu der Neigung mt = 1,20 — 0,48 Met. auf eine Distanz von 6 Meter gehört; sie ist daher auf den Meter: $\frac{1,20 - 0,48}{6} = 0,12$ Met.; zieht man mo'

(Fig. 264) senkrecht mn oder parallel der Vergleichungsebene, so ist mo' der Grundlinie der Böschung np, oder 0,5 Met. gleich (indem die Gräben 1,5 Met. obere Breite haben), und wir erhalten oo' durch die Proportion: 1 Met. : 0,12 = o'm : oo', d. i. 1 : 0,12 = 0,5 : oo' daher oo' = 0,06 Meter;

verbindet man oo' mit o'p, welches = mn + n'p = 0,48 + 0,5 ist (indem n'p die Höhe der Böschung n'p oder die Tiefe des Grabens), so ergibt sich op = 1,04 Meter.

Das rothe Maß qr erhält man durch ein gleiches Verfahren. Wenn man die Horizontale oq' zieht (sie ist nämlich senkrecht op und pr und zugleich parallel pr), so ist qq' = oq' · 0,12 = 0,5 · 0,12 = 0,06 Met.; und qr = op + qq' = 1,04 + 0,06 = 1,1 Met.

Es bleibt noch die Höhe des Dreiecks qrs, dessen Grundlinie qr = 1,10 Meter ist, zu suchen. Fällt man von der Spitze s die Senkrechte ss' auf die verlängerte Grundlinie qr, bezeichnet die Neigung von qs oder mt (Fig. 263 und 264) auf den Meter durch p, die Neigung pr. Meter von rs oder die Böschung des Grabens durch P: so ist s'q = s's · p und s'r = s's · P (§. 247); zieht man s'q von s'r ab, so bleibt s'r — s'q = qr = s's · (P — p), woraus s's = $\frac{qr}{P - p}$ folgt.

Da aber die Neigung pr. Met. von $qs = 0,12$, die von $rs = 1,00$ Met, so hat man $qr = 1,10$ Meter; dahers $s = \frac{1,10}{1 - 0,12} = 1,25$ Meter.

Gehen wir zu dem zweiten Profil b (Fig. 263) über.

Zuerst beachte man, daß das Maß von gm aus dem schwarzen Maß 1,21 (Nivellementsvisur auf 4 Met. von der Are ab) und dem rothen Maß auf der Are $bb' = 0,51$ Meter besteht; denn da das Straßenprofil um 0,51 Meter unter den Punct b getragen worden, so muß man diese Lage des Profils bei allen rothen Zahlenwerthen, die bestimmt werden sollen, in Rechnung bringen; also ist $gm_1 = 1,21 + 0,51 = 1,72$ Met. Um o_1P_1 zu erhalten, muß, wie zuvor, die Neigung pr. Meter von m_1t_1 gesucht werden, welche $= \frac{1,21 - 0,21}{6} = 0,17$

Met. ist. Es ist stets zu beachten, daß diese Linie nicht unter gleichen Bedingungen mit mt des Profils a steht; denn sie nähert sich der Vergleichungsebene, während mt abwärts geht. Angenommen, eine Senkrechte oo' (Fig. 265) werde auf mg gefällt, so ist $mo' = 0,17 \cdot 0,5 = 0,085$ Met. und $op = (mg - mo') + n'p = 1,72 - 0,085 + 0,50 = 2,15$ Met., mit Weglassung der $\frac{1}{1000}$. Folglich $qr = 2,145 - 0,085 = 2,06$ Met. Es bleibt noch die Höhe des Dreiecks qrs zu suchen.

Indem wir durch p , wie oben, die Neigung pr. Met. von qs (Fig. 265 und 263), durch P die von rs bezeichnen, haben wir $qs' = ss' \cdot p$, und $s'r = ss' \cdot P$; addiren wir qs' und $s'r = qr$, so kommt: $qr = ss' \cdot (p + P)$: woraus

$$ss' = \frac{qr}{p + P};$$

und wenn die obigen Werthe eingesetzt werden,

$$ss' = \frac{2,06}{0,17 + 1,00} = 1,76 \text{ Met.}$$

252. — Nimmt man die beiden Fälle des Dreiecks qrs allgemein, und benennt das rothe Maß qr mit C , die Neigungen mit p und P , wie vorher, endlich mit D die Distanz ss' des Punctes des Zusammentreffens der Böschungen mit dem rothen Maß; so ergibt sich

$$D = \frac{C}{p + P};$$

wo das obere Zeichen gilt, wenn die Neigungen eine entgegengesetzte Richtung haben, das untere, wenn sie in einerlei Richtung gehen.

253. — Punkte des Durchgangs. Wir werden die rothen Maße der rechten Seite desselben Profils b (Fig. 263) suchen, weil darin noch ein besonderer Fall liegt.

Zuerst schneidet das Straßenprofil das des Terrains in i ; man hat daher einen Theil $bb'i$ abzugraben und einen Theil ihs aufzufüllen. Der Durchschnitt i heißt Punkt des Durchgangs, und man hat seinen horizontalen Abstand von den beiden Abschnitten bb' , hh' zu suchen. Das rothe Maß hh' ist $1,26 - 0,51 = 0,75$ Meter. Durch den Punkt h' lege man $h'd$ (Fig. 286) parallel mit dem Straßenprofil $b'h$, so geben die beiden in d rechtwinklichen Dreiecke $bb'i$, bdh' :

$$bd : dh' = bb' : b'i;$$

wonach

$$b'i = \frac{bb' \cdot dh'}{bd};$$

es ist aber

$$bd = bb' + hh'$$

also

$$b'i = \frac{bb' \cdot dh'}{bb' + hh'}$$

und wenn man die Werthe der Figur einsetzt,

$$b'i = \frac{0,51 \cdot 4,0}{0,51 + 0,75} = 1,62 \text{ Met.}$$

Bezeichnet man die beiden rothen Maße durch C und C' , die Distanz $b'h$ durch L , und setzt für $b'i = L'$, so entsteht die allgemeine Formel

$$L' = \frac{C \cdot L}{C + C'}$$

Wenn in dem Längenprofil (Fig. 261) die projectirte Linie af aus ihrer Lage unter der Bodenfläche über dieselbe aufsteigt, so entsteht stets ein Punkt des Durchschnitte. Man muß dann, wie oben, die horizontale Distanz $b'h = g'b'$ bestimmen. Es geben nämlich die ähnlichen Dreiecke $bb''g$, fgc

$$bb'' : fc = bg : gc$$

und aus dieser Proportion folgt:

$$(bb'' + fc) : bb'' = (bg + gc) : bg,$$

oder

$$(bb'' + fc) : bb'' = bc : bg.$$

Desgleichen ist $bc : bg = b'h' : b''h$
daher

$$(bb'' + fc) : bb'' = b'h' : b''h,$$

oder auch

$$(bb'' + fc) : bb'' = b'e' : b'g'.$$

Setzt man, wie oben, $bb'' = C$, $fc = C'$, $b'e' = L$
und $b'g' = L'$, so ist allgemein

$$L' = \frac{C \cdot L}{C + C'}.$$

Dieses sind die Formeln, die man bei der Berechnung der rothen Masse anwendet. Zur Uebung lassen sich die Figuren 254 und 260 benutzen, indem man die Resultate mit denen in Fig. 261 und 263 eingeschriebenen Massen vergleicht.

254. — Berechnung der Erdmassen. Wollte man die Berechnung der ab- oder aufzutragenden Erdmassen nach strengen stereometrischen Regeln ausführen, so würde die darauf verwendete Zeit in keinem Verhältniß zu den Ergebnissen stehen, die in der Praxis erhalten werden, und zu keinem reellen Zweck führen. Man bedient sich daher verschiedener Annäherungsformeln, die auf Folgendes basirt sind:

Wenn man die Flächen $Aadd = S$, $BbcC = S'$ (Fig. 287) als Linien oder rothe Masse setzt, so wird beinahe die mittlere Entfernung der Durchgangslinie $\alpha\beta$ von jeder dieser Flächen durch

$$s + s' : L = S : l, \dots \text{ oder } l = \frac{L S}{s + s'}$$

$$s + s' : L = S' : l', \dots \text{ oder } l' = \frac{L S'}{s + s'}$$

gegeben sein, wobei s und s' die dreieckigen Grundflächen der gekürzten Pyramiden, L und L' die Seitenlängen bezeichnen.

Die Masse V der Auffüllung $= r$ ist demnach

$$Vr = S \cdot \frac{l}{2} = \frac{S l}{2},$$

die der Abgrabung $= d$ aber

$$Vd = S' \cdot \frac{l'}{2} = \frac{S' l'}{2}.$$

Nach dieser Darstellung wird man den Gebrauch der

nachstehenden Formeln, worin dieselben Bezeichnungen gelten, leicht verstehen.

Es giebt fünf Fälle:

1) Wenn die beiden auf einander folgenden Profile zugleich Auftrag oder Abstich sind, so ist nach (Fig. 266).

Bei Auffüllung

$$V_r = \frac{(r + r^1) L}{2}; \text{ I.}$$

bei Abgrabung

$$V_d = \frac{(d + d^1) L}{2} \text{ II.}$$

2) Wenn das eine Auftrag, das andere Abstich ist, für den Auftrag

$$V_r = \frac{r \cdot l}{2}, \quad l = \frac{L \cdot r}{r \cdot d} \text{ III.}$$

für den Abtrag

$$V_d = \frac{d \cdot l'}{2}, \quad l' = \frac{L \cdot d}{r + d} \text{ IV.}$$

3) Wenn beide Profile theils Auftrag, theils Abtrag sind, jedoch so daß der Abtrag des einen mit dem Auftrag des andern correspondirt, so wird das Volum des Auftrags

$$V_r = \frac{(r + r^1) L}{2} \text{ V.}$$

das Volum des Abtrags

$$V_d = \frac{(d + d^1) L}{2} \text{ VI.}$$

wie in dem ersten Falle.

4) Wenn beide Profile theils Abtrag, theils Auftrag sind, der Abtrag des einen aber mit dem Abtrag des andern nicht correspondirt, so berechnet man die Volumina V_d und V_r , die sich an das zweite knüpfen, durch

$$V_r = \frac{r \cdot l}{2}, \quad l = \frac{r \cdot L}{r + d} \text{ VII.}$$

$$V_d = \frac{d \cdot l'}{2}, \quad l' = \frac{d \cdot L}{r + d} \text{ VIII.}$$

$$V_{r'} = \frac{r \cdot l''}{2}, \quad l'' = \frac{r^1 \cdot L}{r^1 + d^1} \text{ IX.}$$

$$V_{d'} = \frac{r \cdot l'''}{2}, \quad l''' = \frac{d^1 \cdot L}{r^1 + d^1} \text{ X.}$$

5) Wenn endlich das eine Profil ganz Auftrag, das andere theils Auf- theils Abtrag ist, so legt man durch den Durchgangspunct *a* des Auf- und Abtrags auf ersteres eine parallele Ebene mit der Axe der Straßelinie und theilt das zweite Profil in zwei Theile, die man mit den correspondirenden Theilen des ersten Profils, deren einer Abtrag, der andere Auftrag ist, vergleicht.

Man hat dann für die Auftragungen

$$Vr = \frac{(r + r') L}{2}; \quad \text{XI.}$$

$$Vr = \frac{r'' \cdot l}{2}, \quad l = \frac{r'' \cdot L}{r'' + d}, \quad \text{XII.}$$

Für den Abtrag

$$Vd = \frac{d \cdot l'}{2}, \quad l' = \frac{d \cdot L}{r'' + d}. \quad \text{XIII.}$$

Diese Formeln führen jedoch immer noch zu weitläufigen Rechnungen, weshalb mehrere Ingenieure folgende vorziehen:

- 1) Wenn beide Profile ganz Abtrag oder ganz Auftrag sind, so wird das Volum des Abtrags gegeben durch

$$Vd = \frac{L}{2} (d + d')$$

der Auftrag

$$Vr = \frac{L}{2} (r + r').$$

- 2) Wenn das eine Profil im Abtrag, das andere im Auftrag liegt, so hat man für den Abtrag

$$Vd = \frac{L}{2} \frac{d^2}{d + r'}$$

für den Auftrag

$$Vr = \frac{L}{2} \cdot \frac{r^2}{d + r}.$$

255. — Man berechnet die Terrassirung nicht eher, bevor das Project völlig feststeht, und man durch Vergleichung der Profile übersehen kann, daß der Auftrag den Abtrag compensirt. Es ist allerdings in der Praxis schwer, diese Bedingung genau zu erfüllen, man darf aber keine Mühe scheuen, dahin zu gelangen. Man wird daher wohl thun, um sich genau Rechnung über die projectirten Linien zu geben, außer dem Längenprofil der

Are noch zwei andere, der Länge des innern Grabenrandes nach, zu construiren. Man erhält dadurch Mittel zur Vergleichung und kann ziemlich richtig beurtheilen, ob das Project jene Bedingungen erfüllt. Diese Nebenprofile dienen überdies zur Leitung, wenn man, falls die Differenz des Auf- und Abtrags zu groß ist, Veränderungen in der Straßenfläche machen müßte. Bei Anstellung dieser Vergleichung ist es nöthig darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Erdmasse aus den Abgrabungen gegen $\frac{1}{2}$ mehr als der gewachsene Boden beträgt.

Noch ist zu bemerken, daß, wenn auch die blauen Maße und Linien des Durchgangs der Abgrabungen mit den Auffüllungen nicht nöthig sind, sobald man die Annäherungsformeln anwendet; man sie doch in den Entwurf eintragen muß, weil sie oft bei alleiniger Ansicht des Plans nachweisen, welche Erdmassen von einem Orte zum andern geschafft werden müssen. Man kann sich in diesem Fall auf eine graphische Construction beschränken.

Um z. B. den Durchgangspunct g (Fig. 261) zu haben, construirt man den Theil $bb' c'c$ des Profils auf der Are nach einem doppelt oder vierfach größern Maßstab; zeichnet mit Hülfe der senkrechten Abstände $b' b'' c' f$ die Straßenebene ein, und mißt dann auf dem Maßstabe die Distanz eines der Punkte b' oder c' von dem Fußpunct d' der aus dem Durchschnitt g auf $c'b'$ gefällten Senkrechten. Jedenfalls wird die Genauigkeit größer, wenn man für die Höhen einen zwei- oder vierfach größern Maßstab als für die Horizontallängen annimmt, weil dadurch die Winkel vergrößert werden, unter denen der Durchschnitt statt haben muß.

Die Construction bleibt sich gleich für alle Punkte des Durchgangs; denn wenn man β haben will (Fig. 263), so genügt es, den Plan des Projects mit Hülfe der rothen Maße auf der Are $b'b'' c'f$ (Fig. 261) die um $b'c'$ auseinander liegen, aufzutragen, auf erstere und über b'' das Maß $uu' = 1,42$ Met., auf die zweite aber unter f , das $kk' = 1,87$ Met. aufzutragen.

Die Gerade, welche die beiden Punkte verbindet, wird das Project in β schneiden.

Man ordnet das Berechnungsregister folgendermaßen an:

Nr. der Profile.	Bezeichnung der Figuren.	Factoren.	Inhalt.	Länge. Meter.	Erdmassen.		Bemerkungen.
					Abtrag.	Auftrag.	
1	1	4,00·0,24	0,96	59,00	348,100		
	2	0,50·0,76	0,38				
	3	0,50·1,07	0,53				
	4	1,25·0,55	0,69				
		Abtrag.	2,56				
2	1	4,00·1,12	4,48	26,36 ¹	121,783	=	
	2	0,50·1,93	0,96				
	3	0,50·2,32	1,16				
	4	2,49·1,06	2,64				
		Abtrag.	9,24				
3	10	3,00·1,57	4,71	25,64 ²	=	115,252	
	11	1,00·1,88	1,88				
	12, 13	1,00·1,55	1,55				
	14	1,22·0,70	0,85				
		Auftrag.	8,99				
4	15	2,00·0,15	0,30	40,00	=	225,400	
	16, 17	2,00·0,40	0,80				
	18, 19	2,00·0,55	1,10				
	20	0,30·0,28	0,08				
		Auftrag.	2,28				
5	27, 28	4,00·0,84	3,36	41,44	=		
	29	0,50·0,40	0,20				
	30	0,50·0,49	0,25				
	31	0,21·0,32	0,07				
		Abtrag.	3,88	70,56	136,886	=	
					606,769	387,893	

Bei Benutzung der Annäherungsformeln ergeben sich die Resultate der Massen stets größer als nach genau stereometrischer Rechnung, welches im Allgemeinen gegen $\frac{1}{3}$ ausmacht. Man kann jedoch dem wahren Werth näher kommen, wenn man für die Werthe von 1, 1', 1''

und 1''' (§. 254) die mittlere arithmetische Proportionale der bei den Punkten des Durchgangs in den Profilen berechneten Abstände nimmt. Man erhält dann, z. B., bei Berechnung für die Länge (1):

14,98 Met.

22,44 =

24 85 •

30,13 =

34,90 =

Summa 127,30 Meter

und $\frac{1}{5}$ 25,46 =

folglich wird der Abtrag gleich $25,46 \cdot 9,24 = 117,625$ Cub. Met. sein. Auf gleiche Weise findet man, daß die Länge (2) = 26,54 Met. und der Auflag = $26,54 \cdot 8,99 = 119,097$ Cub. Met. beträgt.

Man kann die Rechnung der Tabelle noch abkürzen, indem man, z. B., die Fläche der Straße AC bis an die Böschung Ba (Fig. 267) verlängert. Es genügt dann, das rothe Maß dk zu bestimmen. Der Durchschnitt dabC des Grabens hat constanten Inhalt, der sich an den des Abtrags AdB anschließt. Bei Straßenverbindungen begnügt man sich die Maße mit dem Zirkel abzunehmen.

Man wird bemerken, daß die Berechnung der rothen Linien leichter sind und sich kürzer machen, wenn die Nivellements der Querprofile in gleichem Abstand von der Axe genommen werden. Eben so, wenn man bereits das Straßenprofil kennt, läßt sich die Arbeit abkürzen, indem man die Höhenmaße auf den correspondirenden Punkten der innern oder äußern Grabenlinie nimmt.

Bei den Vorarbeiten werden nur annähernde Berechnungen gemacht, und oft begnügt man sich die Inhalte der Querprofile graphisch zu ermitteln (§. 124).

Steht aber das Project fest, und die Arbeit auf dem Punkt verbunden zu werden, so nimmt man neue Nivellementsarbeiten vor, vermißt Profile in hinreichender Anzahl, damit die Ausmittelung der Gräberarbeiten mit möglichster Genauigkeit vorgenommen werden kann. Besonders müssen dergleichen neue Operationen dann vorgenommen werden, wenn große Erdmassen zu bewegen sind. Gewöhnlich schreitet man mit dieser Arbeit aber nur in dem Maße vor, wie die Gräberarbeit fortschreitet. Man läßt die Abgrabungen soviel als möglich senkrecht

der Aue eröffnen, steckt mit Pfikets die Länge des Abtrags für drei oder vier Tagewerke der Arbeiter ab, und alle drei oder vier Tage vermisst man den Durchschnitt von jeder Abgrabung. Hierdurch erhält man genaue Elemente zu Berechnung der Massen.

256. — Ermittlung der Transportstrecken.

Wenn die Massen des Abtrags und Auftrags berechnet sind, so genügt dieses doch noch nicht den Kostenaufwand zu bestimmen, wenn man nicht die Strecken kennt, auf welchen die Erde fortgeschafft werden muß. Es ist keinesweges gleichgültig die Fortschaffung auf die oder jene Art auszuführen und man wird einsehen, daß der Preis des Transports von einem Abtrag nach einem Auftrag proportional der Masse der abgegrabenen Erde und der Distanz der Fortschaffung sein muß.

Angenommen es sei eine abgegrabene Masse durch ab (Fig. 268) dargestellt, und eine Auffüllung ed von gleichem Volum damit zu bewirken: so ist klar, daß man a auf c , e auf f , g auf h u. s. w. aus allen Punkten von ab auf die gleichliegenden von ed schaffen muß. Da aber die Massen in eine Menge parallele Abschnitte zerlegt werden können, so folgt, daß dann die Entfernungen der Abfuhr sehr vermehrt werden. Man vermindert deren Anzahl, wenn man die mittlere Distanz oder Linie aus allen Punkten eines Abtrags nach allen Punkten des Auftrags sucht. Diese mittlere Distanz wird durch die Gerade gegeben, die den Schwerpunkt jedes der Volumen verbindet. Ist sonach eine Abtragsmasse $= D$ (Fig. 269) und eine Auftragsmasse $= R$ unter gleicher Form, und man nimmt beide Körper in parallele und gleichartige Elemente zerschnitten an, so wird die mittlere Distanz des Transports für das erste Element die Mitte der Richtung a , für das zweite Element $b \dots$ sein; folglich ist die mittlere Distanz der Summe

$$\frac{aa' + bb' + cc' + dd' + ee'}{5} = oo'$$

oder die Verbindungslinie der Schwerpunkte beider Massen. Es kann hier nicht die Rede sein die Schwerpunkte dieser Massen mathematisch genau zu bestimmen, vielmehr reicht eine Annäherung vollkommen aus und man beschränkt sich die Massenform unter Parallelepipede, Pyramiden oder Prismen zu classificiren.

Aus der Mechanik ist bekannt: 1) daß der Schwerpunct einer Pyramide in $\frac{3}{4}$ der Axe liegt;

2) befindet sich der Schwerpunct eines Parallelepipedium im Durchschnitt der Verbindungslinien der körperlichen Ecken;

3) findet man den Schwerpunct einer gekürzten Pyramide, deren Höhe h und Grundflächen S und s sind, in dem Abstand von der kleinern Grundfläche ungefähr

$$= \frac{h}{4} \cdot \frac{3S^2 + 2Ss + s^2}{S^2 + Ss + s^2}.$$

Diese theoretische Bestimmung würde jedoch zu weitläufigen Rechnungen führen und man begnügt sich mit folgender Operation:

Auf eine Gerade MN (Fig. 270) trage man die Distanzen $AB, BC, CD \dots$, gleich den gemessenen Längen zwischen jedem Quersprofil; errichte die Senkrechten $Aa, Bb, Cc \dots$, denen man das Verhältniß der Profile giebt.

Die Senkrechten, welche die Flächeninhalte des Abtrags bezeichnen, werden über MN gezogen, die, welche sich auf Flächen des Auftrags beziehen, nehmen unter MN ihre Stellung ein. Verbindet man jeden der Punkte $a, b, c \dots$, so ergeben sich die Durchschnitte α, β , welche ziemlich genau die Durchgänge der Auf- und Abtragung angeben.

Wenn man nun zu Formung der Auffüllung $\alpha cd\beta$ einen gleich großen Theil $abhg$ des Abtrags nimmt, so wird die mittlere Weite des Transports zum Auftrag gleich sein der Summe der Distanzen von den Schwerpuncten der Figuren $\alpha Bb, Bbhg, \alpha Cc, CcdD, Dd\beta$ zu der Verticalen K , welche durch den Durchgangspunct α geht, getheilt durch die Anzahl dieser Distanzen. Es ist daher genug nach den obigen Principen 1, 2, und 3, den Schwerpunct k dieser Figuren zu suchen und die Abstände derselben von der Verticalen K zu messen.

Es ist gebräuchlich, die sämmtlichen vorzunehmenden Vertheilungen auf der Länge der Straße, wie auf dem anliegendem Terrain in eine Tabelle zu bringen. Die Tabelle muß diejenigen Massen trennen, die wegen Kürze des Wegs nur mit der Schaufel gefördert werden, von denen die einen weitem Transport mit Hülfe des Schubkarren erfordern und von den Erdmassen, deren Fortschaffung nur mittelst Handkarren geschehen kann. Die Kosten sind für jeden dieser Transporte verschieden und

muß natürlich immer derjenige gewählt werden, welcher am wenigsten kostspielig ist.

Um eine gute Vertheilung bewirken zu können, schreibt man vorher auf den Riß (Begecharte) die Größe des Abtrags und Auftrags, und sucht die Transportentfernung von erstem zu letztem, um die zu wählende Mittelweite kennen zu lernen. Man bemerke in Bezug auf nachstehende Tabelle, daß die Flächen- und Körperinhalte, die links der Ase liegen auf der ersten Linie des Profils stehen, während sich die der rechten Seite auf der zweiten befinden. Man muß die Volumen immer in getrennten Massen eintragen.

257. — Dispositionstabelle,
enthaltend die Berechnung sämtlicher Erdarbeiten, die zur Bildung des Planum und der Gräben auf der Straßenstrecke von N. N. bis N. N. erforderlich sind.

Das Planum wird 22 Fuß in der Krone breit und erhält bei den Aufträgen $1\frac{1}{2}$ füßige, bei den Abträgen 1 füßige Doffrung. Die Gräben werden 2 Fuß in der Sohle breit, 3 Fuß tief, mit $1\frac{1}{2}$ füßiger innerer und 1 füßiger äußerer Doffrung *).

Hier folgt Tabelle A.

Unser Verfasser giebt folgende Tabelle, wie sie bei den französischen Ingenieurs üblich ist.

Hier folgt Tabelle B.

Die Colonne 7 dieser Tabelle giebt gewöhnlich den Theil des Abtrags an, den man mit der Schaufel zu fördern annimmt, um den nächsten Auftrag zu bilden. Um sonach den Auftrag von 54,280 zwischen den Profilen 1 und 2 zu machen, kann man zuerst die 13,493 verwenden, die aus dem rechten Graben genommen werden, und sie durch eine hinreichende Portion von 343,085 auf der Linken ergänzen, die gleich $54,280 - 13,493 = 40,787$; und, da angenommen, daß die Arbeit mit der Schaufel ausgeführt wird, sie in die 7. Colonne und deren Summe in die 12. Colonne eintragen, um davon den Preis festzustellen. Es verbleibt nun $343,085 - 40,787 = 302,298$, welches in die 8. Colonne einzu-

*) Die Tabelle ist auf preußische Maße gestellt und wird in dieser Form bei Begebauen im Preussischen dem eigentlichen Kostenanschlag vorschriftmäßig zu Grunde gelegt.

tragen ist, als nach der Länge des Project's verwendet zu werden.

Man sieht ferner, daß zwischen den Profilen 2 und 3 ein Abtrag von 17,579 Statt findet, einer dergleichen aber von 8,178 anliegt, welche auf gleiche Weise zu behandeln sind. Diese beiden Abträge werden dann zu Herstellung der benachbarten Aufträge verwendet. In Summe befinden sich aus dem Profil 1 in das Profil 4 80,037 gefördert.

Nun können die 108,637 des Abtrags zwischen den Profilen 2 und 3 zur Bildung eines Theils der Auffüllung von 126,755 genommen werden. Die Erde wird nach der Länge der Bahn fortgeschafft, und da die Distanz zwischen diesen Profilen nur 52 Meter beträgt, so kann das Auffahren mittelst des Schubkarrens geschehen. Das Volum 108,637 kommt dann in die Colonne 14.

Es sind also bereits $80,037 + 108,637 = 188,674$ in den Auftrag zwischen den Profilen 1 bis 4 verbraucht, und da der ganze 614,073 ausmacht, bleibt noch zur Erfüllung desselben $614,073 - 188,674 = 425,399$ herbeizuschaffen. Hierzu kann der Abtrag von 302,298, der in 1 bis 2 übrig war, ein gutes Theil beitragen. Er kann vollends ergänzt werden mit $425,399 - 302,298 = 123,101$ aus dem Abtrag zwischen den Profilen 4 und 5. Der Rest dieses Abtrags erhält eine andere Bestimmung oder bleibt in Depot reservirt.

Diese Vertheilungen haben sonach keine große Schwierigkeit, man muß nur stets darauf sehen, daß man keine weiten Transportwege anordnet, was dadurch vermieden wird, daß stets die Auffüllungen durch die nächsten Abgrabungen gedeckt werden; und damit keine Verwirrung in der Tabelle entstehe, so muß die Auffüllung in getrennten Massen geschehen.

Es bleibt nunmehr, um die Linie XY oder die Grenze des Abtrags von 123,101 festzustellen, gegen $165,107 + 418,353 = 583,460$ oder nur gegen 165,107, nach der Disposition des Entwurfs, zu nehmen, um sie auf den Theil des Project's zwischen die Profile 3 und 5 aufzutragen. Man erhält die Lage dieser Linie durch eine graphische Construction, gleich der, womit man die mittleren Längen des Transports sucht. Man trägt nämlich auf eine Gerade AB (Fig. 288) die Strecke von 112 Met. (Distanz zwischen den correspondirenden Pro-

filen zu dem Inhalt von 583,46) und errichtet die Senkrechte $BC = 583,46$ Meter; dann trägt man auf eine andere Senkrechte Aa 165,11 Met., welches dem Abtrag 165 107 correspondirt und zieht ac parallel AB . Der gesuchte Abstand der Linie XY vom Profil Nr. 4 wird dann $a c$ oder AB sein.

Durch Rechnung erhält man die Entfernung mittelst der rechtwinkligen Dreiecke ABC , Abc ; es ist nämlich
 $cb : CB = Ab : AB$.

Man trägt sie in die Colonne 10 unter den correspondirenden Abtrag und zeichnet die Linie XY auf dem Entwurf mit besonderer Farbe ein.

Was die mittleren Entfernungen des Transports anlangt, so bestimmt man sie, wie oben erklärt worden. Doch lassen sie sich auch direct erhalten, indem man den Abstand des 4. Profils von der Linie $XY = 88,4$ Met., zu der Summe der Entfernungen, über welche die Fortschaffung geschehen soll, addirt; sodann, indem man annehmen kann, daß die Volumen sich beinahe wie Dreiecke gestalten, die ihren Spitzen entgegengesetzt liegen, und daß die mittlere Entfernung des Schwerpunktes fast $\frac{2}{3}$ des Abstandes der Grundfläche ist, hat man nach dem Auftrag 425,399 von dem Abtrag 302,298

$$59 + 52 + 40 + 88,4 = 239,4 \text{ Met.}$$

wovon $\frac{2}{3} = 159,6$ Meter.

Wenn die Volumen ziemlich die Form von Dreiecken haben, die der Grundfläche entgegenliegen, so wird die Mittelentfernung der Schwerpunkte gleich der Hälfte der Distanzen zwischen ihren Spitzen sein.

257 a. Wir schließen hier das Capitel, welches von den Arbeiten des Geometers bei Straßenanlagen handelt. An sie knüpfen sich die Functionen des Straßenbaumeisters. Nicht immer ist jedoch die Grenze zwischen beiden Amtirungen scharf abgesteckt, weshalb wir nicht unterlassen konnten, in der obigen Abhandlung die Geschäftsthätigkeit des Geometers etwas auszudehnen. Mag der Wegebaumeister das usurpirte Terrain auch vielleicht beanspruchen, so ist dessen Kenntniß für den Geometer dadurch von Vortheil, daß er besser den Zweck kennen lernt, worauf seine Arbeiten hinweisen müssen, was für ihn sehr wichtig ist, um nicht überflüssige oder unvollständige Arbeiten vorzunehmen.