

Fig. 10.

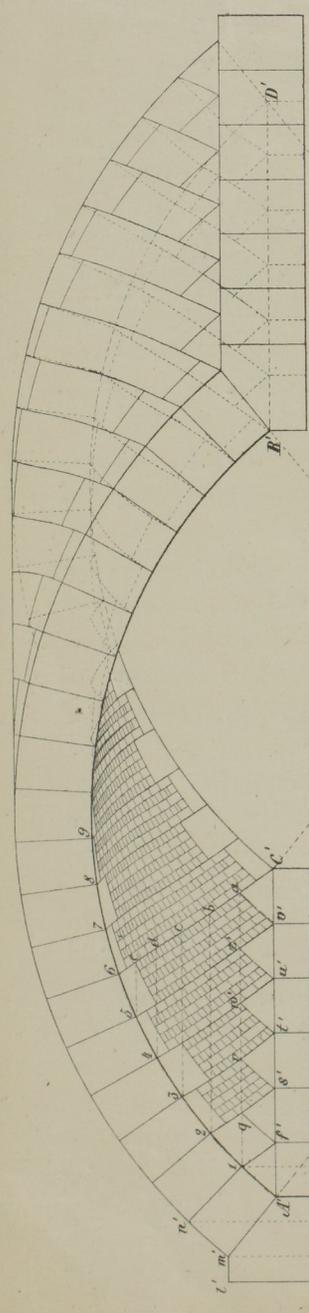


Fig. 15.

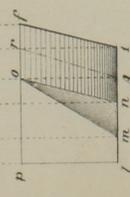


Fig. 11.

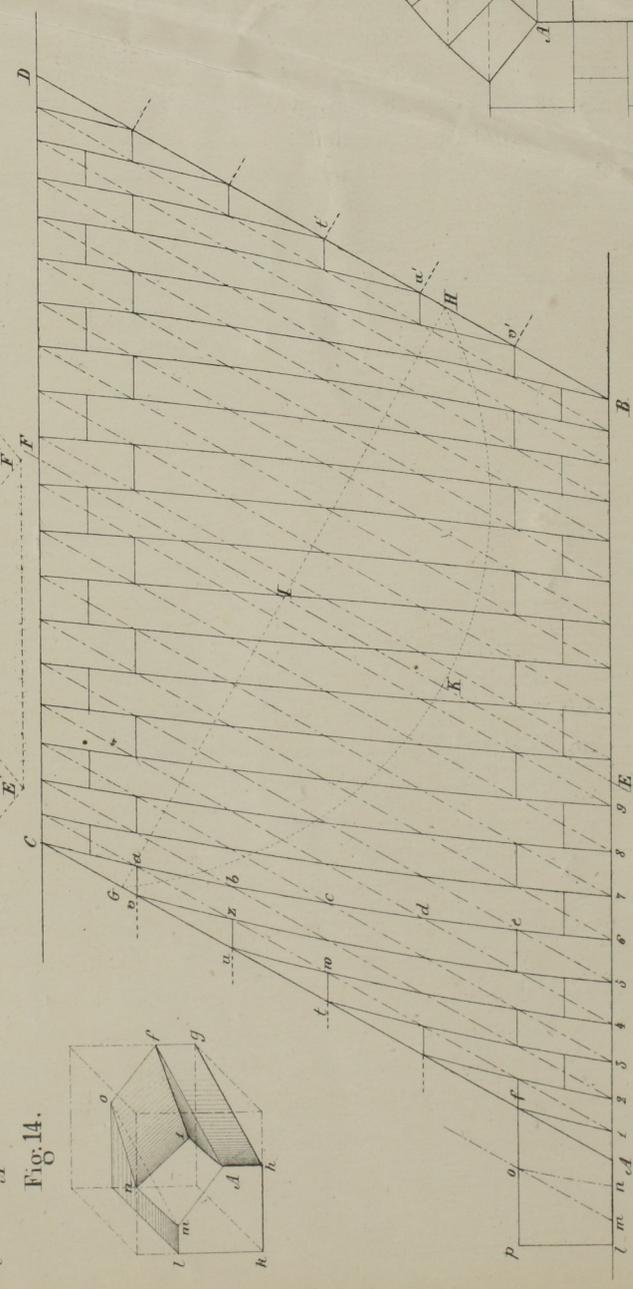


Fig. 14.

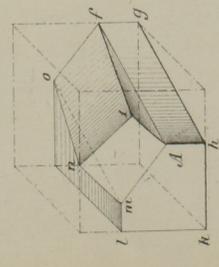


Fig. 12.

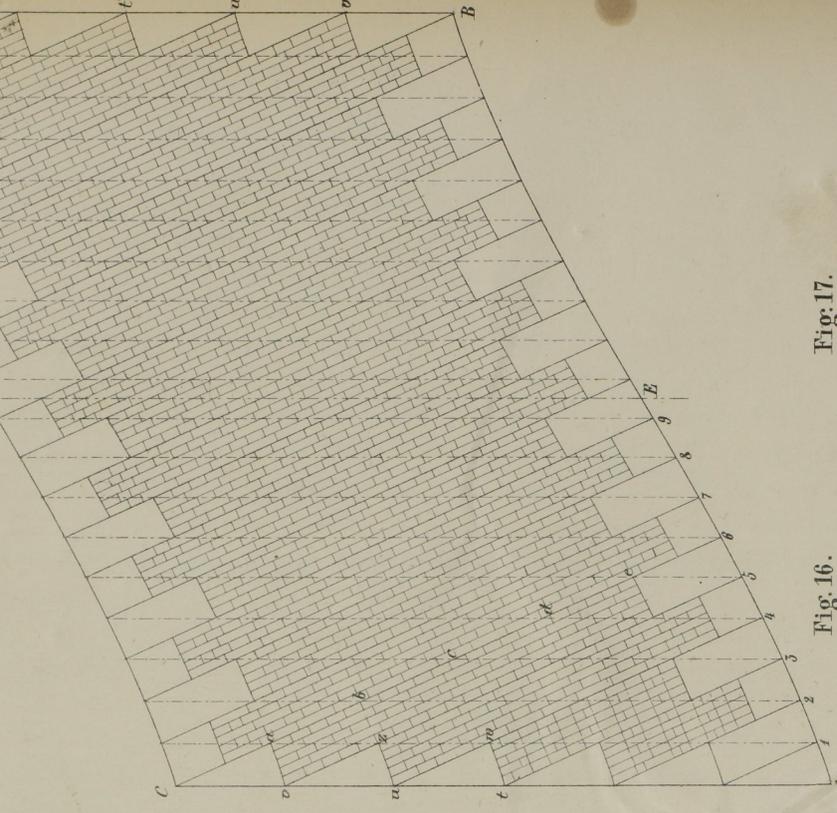


Fig. 16.

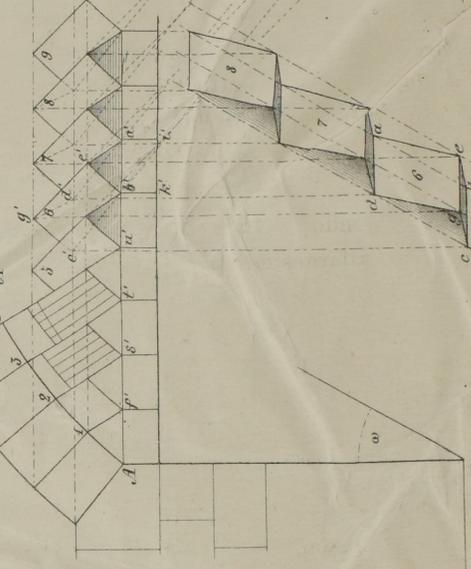


Fig. 17.

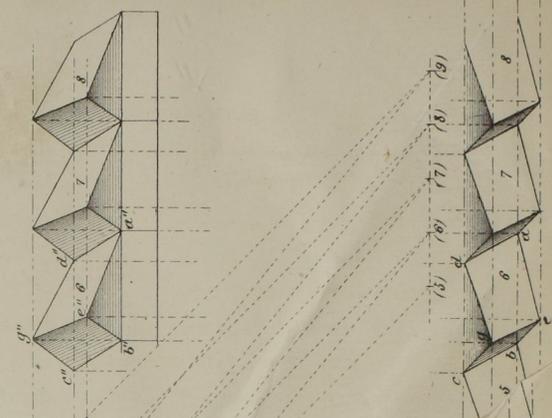


Fig. 15.

Fig. 18.

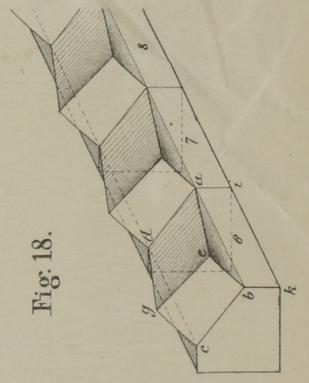
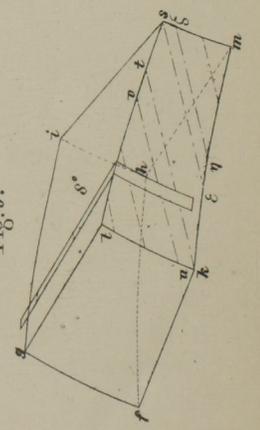


Fig. 9.



gleiche Dicke der einzelnen Steine herbeigeführt würde, unterbricht man die Lagerfugen in der Weise, dass man sie von den in gleiche Theile getheilten Stirnbögen auslaufen und da endigen lässt, wo sie einander so nahe kommen, dass die dazwischen liegenden Steine die zulässige kleinste Dicke erreicht haben.

Man überzeugt sich leicht, dass der Steinschnitt eines derartigen Tonnengewölbes durch die Horizontal- und Verticalprojection vollständig bestimmt ist; da man aber zur Bestimmung einer zweckmässigen Theilung des Gewölbes in entsprechend grosse Steine allgemein die Abwicklung der Leibungsfläche mit Vortheil in der Art benützt, dass man in derselben die Stoss- und Lagerfugen zunächst feststellt und sodann erst auf ihre Projectionen in der horizontalen und verticalen Tafel zurückgeht, so zeigen wir das hiebei einzuschlagende Verfahren an dem auf Blatt C durch Fig. 1—6 dargestellten Beispiel.

In Fig. 1 und 2 seien die Umrisse eines halbkreisförmigen schiefen Gewölbes in der Horizontal- und Verticalprojection und die Theilung des Stirnwölbogens AB in eine ungerade, nach der Grösse der zur Verfügung stehenden Steine zu wählenden Anzahl Theile 01, 12, 23 u. s. w. festgesetzt und sodann die in Fig. 3 gezeichnete Abwicklung der Leibungsfläche mit Hilfe des durch Fig. 4 angedeuteten Verfahrens dargestellt. Die Stossfugen, welche im Raume der Stirnwöblinie parallel sind, werden in der Abwicklung ebenso der abgewickelten Wöblinie parallel und sind, da letztere durch A^0B gegeben, sofort zu zeichnen. Um die Lagerfugen direct in der Abwicklung angeben zu können, benützt man am besten eine Lehre, welche die Form $A^0EIK A^0$ oder $A^0E'H'K'A'$ (Fig. 3) hat und auf den Kämpferlinien AC und BD in entgegengesetzten aber parallelen Lagen verschoben wird, bis die Curve EI oder $E'H'$ an die Stelle des Stirnbogens gelangt, von welcher die gesuchte Lagerfuge ausgeht. So erhält man z. B. die achte Lagerfuge, wenn die Lehre in der einen Hälfte die Lage $A^0E'H'K'$ und in der anderen die Lage $A^0E'I'K''$ hat; und es wird die Scheitelfuge LE^0M gefunden, wenn die Lehre das eine Mal nach E^0I^0 und das andere Mal nach E^0P gerichtet ist.

Zur Anfertigung der genannten Lehre hat man den abgewickelten halben Stirnbogen A^0E und die Coordinaten der Curve EI nöthig. Die letzteren ergeben sich aus der Gleichung

$$\log x = \log \left(\frac{r L 10}{\sin \omega} \right) + \log \left(\log \cotg \frac{1}{2} \varphi \right),$$

in welcher

- x die vom abgewickelten Stirnbogen aus gezählten und mit A^0K parallelen Abscissen,
- φ die Länge des Stirnbogens in Graden von der Kämpferlinie bis zu der Stelle, wofür man die Abscisse sucht,
- ω den Schrägungswinkel, welchen die Stirnebene mit der senkrechten Querschnittsfläche des Gewölbes bildet (Fig. 1),

r den Halbmesser des unentwickelten Stirnbogens, und L den natürlichen Logarithmus bezeichnet.

Man kann sich aber auch, wiewohl weniger genau, die Curve EI durch Zeichnung verschaffen. Es wird nämlich, wie aus der Natur der V.-Pr. der Lagerfugen folgt, von letzteren jedes Cylinderelement unter einem und demselben Winkel, den man Fugenwinkel nennen kann, geschnitten. Bezeichnet γ diesen Winkel für einen Punkt des halbkreisförmigen Stirnbogens, welcher um den Winkel φ von der wagrechten Kämpferlinie absteht, und hat ω seine frühere Bedeutung, so findet nach einer einfachen geometrischen Betrachtung zwischen den Grössen γ , φ , ω die Beziehung statt: $\sin \gamma = \sin \omega \sin \varphi$, und dieser Ausdruck lässt sich leicht durch Zeichnung darstellen.

Gesetzt, man wolle für den Punkt P des Stirnbogens SGB (Fig. 5), welcher um den Winkel φ von der Kämpferlinie absteht, den Fugenwinkel γ finden, so trage man in dem Viertelkreis ESB an die Schenkellinie ES den Winkel $\omega = SEG$ an, ziehe PI parallel zu EB, mache $EK = EI$, ziehe $KH \parallel ES$ und verbinde H mit E, so ist $HES = \gamma$. Denn es ist $EI = EK = r \cdot \sin \varphi$ und $LK = NH = r \cdot \sin \varphi \sin \omega$; ferner $\sin HES = NH : EH = \sin \varphi \sin \omega$ und auch $\sin \gamma = \sin \varphi \sin \omega$, folglich $HES = \gamma$, w. z. b. w. Da nun P jeden Punkt des Stirnbogens vorstellen kann, so gibt folglich dieses Verfahren den Fugenwinkel für jede beliebige Stelle, wie auch Fig. 6 für die Theilpunkte 1, 2, 3, . . . 9 des Bogens SGB, denen die Winkel $SE\alpha, \beta, \gamma, \dots, \iota$ angehören, zeigt.

Nach diesem Ergebniss sind in Fig. 3 die Fugenwinkel an die zugehörigen Cylinderelemente 1, 2, 3 . . . 9 angetragen, und es wird somit nach dem Begriffe dieser Winkel z. B. das Element 5 von allen Lagerfugen in einer Richtung geschnitten, welche dem Schenkel 5ϵ parallel ist, das Element 7 nach Richtungen parallel zu 7η , u. s. w. Hat man nun die Fugenwinkel für sehr viele Cylinderelemente bestimmt, so kann man ihre Schenkel so an einander reihen, wie die Linie $Eabc \dots I$ zeigt, in welcher $Ea \parallel 9\iota$, $ab \parallel 8\vartheta$, $bc \parallel 7\eta$ ist u. s. w. Diese gebrochene Linie wird die abgewickelte Lagerfuge um so genauer darstellen, je weniger die Elemente von einander entfernt sind. Es bedarf wohl kaum der Erinnerung, dass der Fugenwinkel im Scheitel des Gewölbes dem Schrägungswinkel, jener an der Kämpferlinie aber in dem vorliegenden Falle der Null gleich ist, und dass somit bei einem halbcylindrischen Gewölbe sehr bedeutende Unterschiede in der Grösse dieser Winkel stattfinden können. Sind die Stoss- und Lagerfugen in der Abwicklung unter Berücksichtigung der an das Gewölbe gestellten Anforderungen und damit die Leibungsflächen der einzelnen Gewölbsteine bestimmt, so hat es durchaus keine Schwierigkeit, auf die Horizontal- und Verticalprojectionen derselben überzugehen.

Was die Eintragung der Stossfugen in beiden Tafeln anlangt, so glauben wir einfach auf die hieher gehörigen Figuren verweisen zu dürfen. Die Projectionen der Lager-

fugen in der Nähe des Gewölbscheitels wird man von der Abwicklung aus in der horizontalen Tafel dadurch erhalten, dass man z. B. für Fuge 5 p 8 die Schnittpuncte o, p, q, r der Cylindererzeugenden 9, 8, 7, 6 mit den Lagerfugen durch Abnehmen der Längen 9 o, 8 p, 7 q, 6 r, welche unverkürzt in der horizontalen Tafel erscheinen, in dieser Tafel aufsucht und durch Verbindung dieser Schnittpuncte die Projection der Fuge bestimmt, sodann aber die V.-Pr. der Fuge dadurch findet, dass man in der verticalen Tafel entweder zunächst die Projection der betreffenden horizontalen Cylindererzeugenden oder einer genügend grossen Anzahl von Theilkreisen aufsucht und sodann in bekannter Weise die zweiten Risse der die Lagerfuge in der zweiten Tafel bestimmenden Punkte zeichnet.

In der Nähe des Kämpfers wird man von der Abwicklung aus zuerst die Verticalprojectionen einer genügenden Anzahl von Punkten, durch welche die Projection der Lagerfugen gezeichnet werden kann, dadurch zu erhalten suchen, dass man auf den vorher eingetragenen Theilkreisen I, II, III u. s. w. die Bogenlängen abträgt, welche den Abstand der einzelnen Punkte von der Kämpferlinie angeben. Um z. B. den Punct z (Fig. 3) in der verticalen Tafel aufzufinden, verzeichnet man aus dem Mittelpuncte 2'' den Theilkreis II und trägt auf diesen die Länge II z auf, um in z' einen Punct der Verticalprojection der Lagerfuge 3 z zu erhalten. Aus der verticalen Tafel erhält man aber die Horizontalprojection der Lagerfuge wieder in der einen oder der anderen der oben angedeuteten Weisen, die beim Uebergange von der horizontalen in die verticale Tafel verwendbar sind. Hat man die ersten und zweiten Risse der Lager- und Stossfugen auf der Leibung angetragen, so lassen sich bei cylindrischer Abgrenzung der Rückenfläche die Stossfugen auf derselben und ebenso ihre Risse sofort auffinden. Um die Lagerfugen auf der Rückenfläche und beziehungsweise ihre Risse zu erhalten, hat man das Verfahren einzuschlagen, welches wir an einem in grösserem Maassstabe herausgetragenen Steine zeigen.

In den Figuren 7 und 8, welche die Projectionen irgend eines Steines fgms vergrössert darstellen, sind die beiden Lagerflächen mit fkmh und glsi bezeichnet. Man findet sie, wenn man die Leibungsfläche zwischen den Stossfugen kl und ms durch mehrere den Stirnflächen parallele Ebenen 1, 2, 3, 4 . . . 7 schneidet und in diesen Ebenen die Erzeugenden 11', 22', 33' . . . 77', welche der bereits oben ausgesprochenen Bedingung für die Erzeugung der Lagerfläche zu entsprechen haben, so weit zieht, bis sie der durch eben diese Ebenen nach den Bögen 1', 2', 3' . . . 7' schon geschnittenen Rückenfläche des Steins in den Punkten 1', 2', 3' . . . 7' begegnen. Durch Verbindung der auf einander folgenden Schnittpuncte erhält man die äusseren Kanten f2'4'6'h und g1'3'5'7'i der unteren und oberen Lagerfläche, deren Horizontalprojectionen f'246h' und g'1357i' sind.

Will man den Gewölbstein fgms, der jeden vorstellen kann, anfertigen, so gehört dazu ein prismatischer Block von der Grundfläche g l s m h f g (Fig. 7) und der Länge f f' (Fig. 8). Auf dieses Steinprisma kann man die beiden Stossflächen fgkl und hims, sowie die Richtung der Cylinderelemente durch den Schrägungswinkel ω des Gewölbs genau übertragen. Mit diesen Flächen und dem Winkel ω lässt sich unter Benützung der Längen k't', u'v', s'e', ζ' u' . . . mehrerer Cylinderelemente, welche sich in der Horizontalprojection nicht verkürzen, die Leibungsfläche des in Fig. 9 (Bl. D) in isometrischer Projection dargestellten Steins vollständig bearbeiten. Hat man diese, so wird eine Schmiege S^o, welche an ihrem unteren Theile nach der Wölbfläche gekrümmt ist, und deren oberer Theil auf dem Bogen des unteren senkrecht steht, dazu dienen, die beiden Lagerflächen herzustellen, wenn man diese Schmiege stets so an den Stein hält, dass ihre Ebene den Stirnflächen desselben parallel ist. —

Der Umstand, dass die Fugenwinkel von Element zu Element sich ändern, erschwert die Ausführung schiefer Gewölbe so sehr, dass viele Ingenieure sie zu umgehen suchen, oder wenn dieses nicht gelingt, den Steinschnitt in einer Weise anordnen, welche zwar den Bau erleichtert, aber den statischen Anforderungen nicht völlig genügt. Die Abweichung von der Theorie, welche sie sich erlauben, besteht darin, dass sie statt des veränderlichen Fugenwinkels einen unveränderlichen einführen und dafür in der Regel jenen wählen, welcher das arithmetische Mittel aus dem grössten am Scheitel und dem kleinsten am Kämpfer ist. Dadurch werden die Lagerfugen auf der Leibung Schraubenlinien und in der Abwicklung parallele Gerade; sie haben folglich stets gleiche senkrechte Abstände von einander, und es braucht nicht, wie in den bisher betrachteten Fällen, die Form jedes einzelnen Wölbsteins einer Schichte besonders ausgemittelt zu werden.

Wenn man untersucht, welche Wirkungen diese Abänderungen des Steinschnitts auf das Gewölbe äussern, so findet man erstens, dass die Richtung des Drucks auf die Lagerflächen nicht mehr senkrecht, sondern schief ist; zweitens, dass dieser schiefe Druck, indem er sich in eine normale und parallele Seitenkraft zerlegt, eine Verschiebung der Wölbsteine auf ihren Lagern gegen die Stirnflächen zu bewirken sucht; drittens dass entweder diese Verschiebung wirklich eintritt, und dann, wenn nicht den Einsturz des Gewölbs, doch wenigstens dessen Ausbauchung an den Stirnflächen zur Folge hat; oder dass diese Verschiebung, durch Reibungswiderstände gehindert, nicht eintritt und somit unschädlich ist.

Es kommt also, wenn man von dem richtigen Steinschnitt abweichen will, lediglich darauf an, zu wissen, um wie viel der unveränderliche Fugenwinkel von dem wahren verschieden sein darf, ohne dass ein Rutschen der Steine gegen die Stirnfläche stattfindet. Diese Grenze

soll man nach E. Heider zu etwa 5° annehmen, nachdem sich bei verschiedenen Gewölben, wo die Abweichung 8° betrug, bereits Ausbauchungen der Stirnflächen zeigten. Beträgt demnach z. B. der Fugenwinkel eines Gewölbes am Scheitel 30° und am Kämpfer 20° , so kann man ohne Gefahr für das Gewölbe dessen Lagerfugen unter einem Winkel von 25° gegen alle Cylinder-elemente laufen lassen; und würde der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Fugenwinkel eines Gewölbes nur 5° betragen, so dürfte man unbedenklich den Steinschnitt desselben wie bei einem geraden Gewölbe mit horizontalen Lagerfugen und ebenen Lagerflächen anordnen.

In dem durch die Figuren 10, 11, 12 der Taf. D dargestellten Falle beträgt die Spannweite AB des Stirnbogens $11,972^m$, die Pfeilhöhe IK $2,832^m$ und der Schrägungswinkel ω 30° .

Da für den Scheitel $\varphi = 90^\circ$, also $\sin \varphi = 1$ ist, so wird nach der Gleichung $\sin \gamma = \sin \varphi \sin \omega$ für die Fuge am Scheitel der Winkel $\gamma = 30^\circ$; und da für die Kämpferfuge $\varphi = 39^\circ 21'$ ist, so gibt die eben angezogene Gleichung den Fugenwinkel am Kämpfer $\gamma' = 18^\circ 29'$. Es ist folglich $\gamma - \gamma' = 11^\circ 31'$ und daher ein constanter Fugenwinkel von $30^\circ - \frac{1}{2}(\gamma - \gamma') = 24^\circ 15'$ von dem grössten und kleinsten nur um $5^\circ 45'$ verschieden, wesshalb man ihn noch als einen constanten Fugenwinkel einführen kann. In der abgewickelten Leibungsfläche (Fig. 12) werden somit alle der Axe EF parallele Cylinder-elemente von den geraden Lagerfugen unter einem Winkel von $24^\circ 15'$ geschnitten. Will man diese Fugen in die H.- und V.-Pr. übertragen, so kann es auf folgende Weise geschehen.

Jedes der in Fig. 11 horizontal projecirten Elemente theile man eben so, wie es bei den abgewickelten durch die Lagerfugen geschehen ist, verbinde diejenigen Theilpuncte der H.-Pr. mit einander, welche die Abwicklung anzeigt und projecire diese Puncte vertical auf die entsprechenden geraden Cylinder-elemente. Soll z. B. die durch den Punct 6 der Stirnfläche gehende Lagerfuge in die H.- und V.-Pr. übertragen werden, so verbinde man in der H.-Pr. die Puncte 6, e, d, c, b, a, C, wie sie es in der Abwicklung sind, und projecire sie auf die in Fig. 10 durch 1, 2, 3, 4, 5, 6 mit A'C' parallel gezogenen Elemente der Leibungsfläche, so stellen 6 e d c b a C und 6' e' d' c' b' a' C' die gesuchten Projectionen dar.

Wenn die Einführung eines constanten Fugenwinkels für Hausteingewölbe in der Projectirung und Ausführung eine nicht zu unterschätzende Vereinfachung gewährt, so ist eine solche Abweichung von der genau richtigen Anordnung schiefer Gewölbe, wenn dieselben mit Backsteinen hergestellt werden, wegen der Formen, in denen dieses Material angefertigt und verwendet wird, fast unerlässlich.

Ueber den Entwurf und die Ausführung schiefer Gewölbe in Backsteinen sind nur noch wenige Bemerkungen erforderlich.

Derartige Gewölbe werden gewöhnlich an der Stirnfläche mit Hausteinen verkleidet, deren Dicke so bestimmt wird, dass sie ein Vielfaches der Ziegeldicke ist.

Bei der ungleichen Anzahl und Dicke der Mörtelbänder in der Verkleidung und in dem Ziegelmauerwerke ist mit besonderer Sorgfalt dem häufig auftretenden Uebelstande vorzubeugen, dass sich die Stirnverkleidung von dem eigentlichen Gewölbmauerwerke abtrennt.

Die untersten Ziegel legt man auf besonders zugeordnete Hausteine, welche, da sie in den Anfang des Gewölbes mit eingreifen, Anlaufsteine heissen. Diese Steine treten in der H.- und V.-Pr. wie in der Abwicklung der Wölbfläche als Dreiecke über die Kämpferfuge heraus (v u z, v' u' z') und geben dadurch dem Wölbanfange ein zackenförmiges Aussehen.

Wollte man bei der Ausführung eines schiefen Ziegelgewölbes darauf bestehen, dass die Stossflächen in lothrechten, mit den Stirnen parallel laufenden Ebenen liegen, so würden sich die Anlaufsteine wie in Fig. 10, 11, 13 horizontal und vertical projeciren; dann müssten aber auch alle Stossflächen der Ziegel abgearbeitet werden, weil diese auf den gegen den Horizont geneigten Lagerflächen senkrecht stehen und folglich nicht lothrecht sind. Um nun diese Arbeit zu ersparen, macht man die im Gewölbe liegenden Stossflächen der Anlaufsteine senkrecht auf das obere Lager, und die im Widerlager oder Pfeiler liegenden Stossflächen dieser Steine, wenn die Schrägung des Gewölbes stark ist, senkrecht zur Kämpferlinie (v', u', t' ... \perp BD, Fig. 11); beträgt aber die Schrägung nur wenig, so lässt man diesen unteren Theil der Stossfläche der Stirne parallel laufen (v, u, t' ... \parallel AB, Fig. 11). Für den letzteren Fall ist in Fig. 15 bis 17 eine Reihe von Anlaufsteinen projecirt und zwar in Fig. 15 horizontal, in Fig. 16 vertical auf die Stirnfläche, in Fig. 17 vertical auf die Widerlagsfläche. Hieraus und aus Fig. 18, welche die perspectivische Ansicht einiger Anlaufsteine gibt, geht deren Gestalt sattsam hervor. Das obere Lager des Anlaufsteins ergibt sich als eine windschiefe Fläche; da man jedoch die darauf zu legenden Ziegel nach einer solchen nicht abarbeiten kann, so macht man diese Lager nahehin eben und bewirkt die vollständige Ausgleichung mit den Ziegelflächen durch das Mörtelband. — In Fig. 14 ist der in Fig. 10 und 13 projecirte Stirn-Anlaufstein isometrisch in ein Parallelepiped eingezeichnet, welches das kleinste ist, aus dem er behauen werden kann.

Soll bei einem halbkreisförmigen Gewölbe ein einziger unveränderlicher Fugenwinkel eingeführt und der Bedingung genügt werden, dass die Abweichung von dem grössten und kleinsten richtigen Fugenwinkel nicht mehr als 5° beträgt, so darf der Schrägungswinkel nicht grösser als 10° sein. Kann diese Forderung nicht erfüllt, soll aber dennoch das Gewölbe in Ziegeln ausgeführt werden, so theilt man dasselbe in mehrere Zonen und führt für

jede einen unveränderlichen Fugenwinkel ein, welcher der gestellten Bedingung entspricht; der Uebergang von einer Zone zur andern wird durch Hausteinschichten vermittelt.

Ueber den auf Blatt 4 und 5 vorliegenden Entwurf einer schiefen Eisenbahnbrücke mögen noch folgende Bemerkungen Platz greifen. Es wurden hiezu eine kreisförmige Wölblinie von $14,6^m$ schiefer Spannweite und $2,92^m$ Pfeilhöhe, ferner parallele Stirnebenen von $8,468^m$ Abstand und ein Schrägungswinkel von 30° (wonach der Schnittwinkel der Gewölb- und Bahnaxen 60° beträgt) angenommen, und für die Herstellung des Gewölbes besonders bereitete gute Ziegel von entsprechender Länge und Dicke als gegeben vorausgesetzt.

Die Stärke der aus Sandsteinquadern herzustellenden Mittelpfeiler wurde nach der Annahme bestimmt, dass durch die Verhältnisse des Flusses, in welchem die Brücke steht, und durch deren gutes Aussehen eine Dicke von $1,75^m$ in senkrechter Richtung zum Stromstriche bedingt wird.

Nach den gemachten Angaben berechnet sich der Halbmesser des Stirnbogens $r = 10,585^m$, der grösste Fugenwinkel für den Gewölbscheitel $\gamma = 30^\circ$, während man für den Gewölbanfang (wegen $r \cdot \sin \varphi = r - p$, worin p die Pfeilhöhe bezeichnet) den kleinsten Fugenwinkel $\gamma' = 21^\circ 14'$ erhält. Es weicht folglich das arithmetische Mittel aus γ und γ' , welches $25^\circ 37'$ beträgt, von dem grössten und kleinsten Fugenwinkel nur um $4^\circ 23'$ ab, wesshalb der eine unveränderliche Fugenwinkel von $25^\circ 37'$ zu Grund gelegt werden konnte, dessen Verwerthung zunächst in der — wegen mangelnden Raumes in die beiden Blätter nicht aufgenommenen — Abwicklung der Gewölb-Leibung zu erfolgen hat.

Stabilitätsuntersuchungen der steinernen Brücken.

Die Stabilitätsuntersuchungen bei steinernen Brücken, gleichviel ob sie gerade oder schief sind, werden nach Anleitung der Statik auf analytischem oder auf graphischem Wege angestellt; wir erachten es für zweckmässig, beide Methoden mit einander zu verbinden.

Im Nachstehenden sollen zunächst die Gewölbe und sodann die Widerlager und Pfeiler betrachtet werden.

a) Als Brückengewölbe kommen fast ausschliesslich gerade und schiefe Tonnengewölbe zur Anwendung, wesshalb auch nur diese hier ins Auge gefasst werden sollen. Eine derartige Ueberdeckung des Lichtraumes einer Brücke besteht im Wesentlichen aus dem eigentlichen Gewölbebogen, welcher aus festem, widerstandsfähigem Materiale zusammengesetzt ist, und aus der Auffüllung über dem Rücken des Gewölbes; letztere wird aus lose zusammenhängenden Materialien, nämlich aus Steinabfällen, Kies, Sand, Erde und dergleichen hergestellt. Da auf dieser Auffüllung die Verkehrslasten sich bewegen, so darf die Annahme gemacht werden, dass

concentrirte Kräfte auf den Gewölbrücken im Allgemeinen nicht auftreten.

Diese Annahme gewinnt dadurch noch an Berechtigung, dass die vorzugsweise durch die Räder der Fahrzeuge auf feste Strassenbahnen übertragenen, concentrirten Kräfte in geringen Abständen einander folgen, so dass die Zwischenlage zwischen der festen Bahn und dem Gewölbrücken Einwirkungen von verschiedenen, benachbarten Lasten aufzunehmen und fortzupflanzen hat.

Das Gewicht des eigentlichen Gewölbes, das der Auffüllung und der Strassenbahn zusammen gibt das Eigengewicht der Construction. Bei der regelmässigen Anordnung derartiger Bauwerke und bei der zulässigen Annahme nahezu gleichmässiger Vertheilung der Verkehrslasten auf die Ausdehnung der letzteren genügt es, einen Gewölbstreifen von der Tiefe gleich der sonst verwendeten Längeneinheit in der Richtung der Gewölbaxe zu untersuchen, und da innerhalb eines solchen Streifens die einwirkenden Kräfte symmetrisch zu einer mittleren, den seitlichen Begrenzungsflächen parallelen Verticalebene vertheilt erscheinen, so beschränken sich die Gleichgewichtsuntersuchungen für denselben auf Kräfte, welche in einer Ebene wirken.

Sind die vorkommenden ständigen und zufälligen Belastungen symmetrisch zu einer die Axe des Gewölbes enthaltenden Lothebene vertheilt, so nennt man das Gewölbe ein symmetrisch belastetes, ausserdem ein unsymmetrisch belastetes.

Letzterer Fall kommt vorübergehend bei allen Verkehrslasten vor, wiewohl nachweisbar bei dem bedeutenden Eigengewichte der Construction die zufälligen Lasten einen geringen Ausschlag geben; derselbe tritt aber auch dann auf, wenn, wie bei schrägen Auffahrten gegen die Brückenmitte hin, die ständigen Lasten nicht symmetrisch innerhalb der einzelnen Oeffnungen angeordnet sind. Mit Rücksicht hierauf und ferner desshalb, weil die hiefür anzugebenden Untersuchungen bei den hölzernen und eisenen Bogenbrücken mit den durch die Eigenschaften des Materiales bedingten Abänderungen zu verwenden sind, sollen auch die unsymmetrisch belasteten Gewölbe betrachtet werden.

1. Symmetrisch belastete Gewölbe.

Aus den einfachen Gleichgewichtsuntersuchungen über einen halben derartigen Gewölbstreifen von der Tiefe = 1 (bcfgd Fig. a) und aus den Eigenschaften der zur Herstellung desselben verwendeten Materialien ergeben sich die folgenden Sätze und Forderungen.

a) Der Horizontalschub (H), welcher unter Annahme eines bestimmten Angriffspunctes a in der Verticalen de durch den Scheitel des Gewölbes und eines bestimmten Drehpunctes o auf der Kämpferlinie bc mit