

wird, hat man die Prüfung eines Gewölbes in der Weise vorzunehmen, daß man die Begrenzungen des Kerns (s. §. 19) einzeichnet, und diejenige Stützlinie auffucht, welche ganz innerhalb dieses Kerns verbleibend, dem kleinsten Horizontalschube entspricht, d. h. einen Punkt mit der äußeren und einen tiefer liegenden Punkt mit der inneren Begrenzung dieses Kerns gemeinsam hat. Diese Stützlinie hat man dann als die wirkliche zu betrachten und ein Gewölbe hinsichtlich seiner Stabilität und Widerstandsfähigkeit nicht als genügend stark anzusehen, wenn sich eine solche Stützlinie von der verlangten Eigenschaft innerhalb des Kerns nicht angeben läßt. Diese Untersuchung soll im nächsten Paragraphen durchgeführt werden.

Ueber die Beschaffenheit der in einem Gewölbe auftretenden wirklichen Stützlinie sind auch andere Behauptungen aufgestellt worden, so u. A. von Culmann*). Derselbe spricht den Satz aus: „Von allen Drucklinien, welche eingezeichnet werden können, ist diejenige die wirkliche Drucklinie eines Gewölbes, welche sich der Aye desselben in der Art am meisten nähert, daß der Druck in den am stärksten comprimierten Fugenkanten ein Minimum ist.“

Es kann bemerkt werden, daß die so charakterisirte Stützlinie nicht sowohl dem Minimum des Horizontalschubes H , sondern der relativ kleinsten Pressung, also der günstigsten Anstrengung des Materials entspricht. Demgemäß würde z. B. für ein Gewölbe, das so construirt ist, daß seine Aye oder Mittellinie eine mögliche Stützlinie ist, diese Mittellinie auch die wirkliche Stützlinie sein, denn die Bedingung der kleinsten specifischen Pressung eines Querschnitts wird bei einer gleichmäßigen Druckvertheilung d. h. also dann erfüllt sein, wenn die resultirende Druckkraft durch die Mitte des Querschnitts geht. Culmann giebt übrigens an, daß, da die Auffuchung der gedachten Stützlinie von der relativ kleinsten Pressung zu umständlich sei, man gewöhnlich das oben angedeutete Verfahren anwenden werde, zu untersuchen, ob sich innerhalb des Kerns eine Stützlinie einzeichnen läßt.

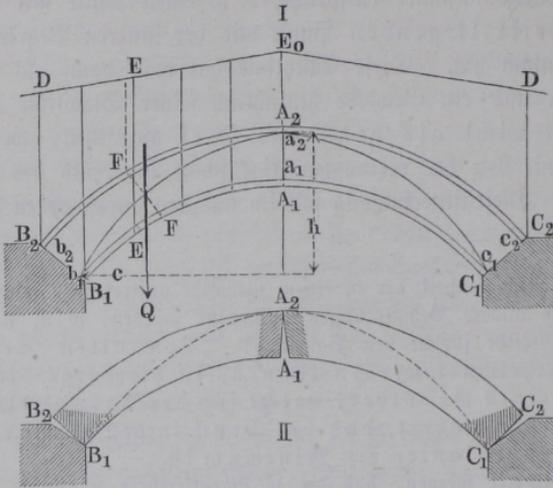
Ist dies der Fall, so ist damit auch der Beweis geliefert, daß es außer dieser Stützlinie noch eine günstigere geben müsse, nämlich die als wirkliche angegebene, welche sich der Mittellinie des Gewölbes noch mehr nähern wird.

Prüfung der Gewölbe. Um ein Gewölbe hinsichtlich seiner Stabi- §. 21.
lität auf graphischem Wege zu prüfen, zeichnet man zu dem Gewölbe zunächst die Belastungslinie, indem man, wie oben angegeben, sämtliche darauf ruhenden Lasten durch Mauerkörper von dem specifischen Gewichte des Gewölbmaterials ersetzt und gleichmäßig über die ganze Gewölbbreite in der Ayrichtung vertheilt denkt. Diese gleichmäßige Vertheilung nach der Ayrichtung gilt auch insbesondere bei den Brücken für die Brustmauern, welche die Brückenbahn beiderseits begrenzen. Zunächst soll im Folgenden, wie bisher immer eine symmetrische Belastung des Gewölbes vorausgesetzt

*) S. dessen „Graphische Statik“. 1. Auflage, 1866.

werden, indem der Einfluß einseitiger und isolirter Lasten später besonders besprochen werden soll. Wenn man in dieser Weise für ein Gewölbe, Fig. 60.

Fig. 60.



die Belastungslinie $D E_0 D$ gezeichnet hat, so kann man dasselbe durch eine Anzahl Ebenen, am einfachsten von vertikaler Stellung wie $E E$, in eine Reihe von Streifen von beliebiger Breite theilen, und die Gewichte $Q_1, Q_2 \dots$ dieser Streifen von 1 m Länge in bekannter Weise, unter Zugrundelegung einer gewissen Basis b für den Kräftemaßstab, durch Strecken darstellen, welche man in dem Kräfteplane in verticaler Richtung aneinandersetzt. Gleichzeitig kann man die den Theilungsebenen E zugehörigen corrigirten Fugen F in der in §. 18 angegebenen Weise ermitteln, und in der daselbst angeführten Art mit Hülfe des Kräftepolygons irgend eine Stützklinie zeichnen, welche durch einen beliebigen Punkt der Scheitelfuge $A_1 A_2$ und durch einen ebenfalls beliebig angenommenen Punkt der Widerlager $B_1 B_2$ bzw. $C_1 C_2$ geht. Jede solche Stützklinie ist in dem vorliegenden Falle symmetrisch gegen die Scheitelfuge, in welcher sie eine horizontale Tangente haben muß. Zeichnet man nun noch in der dem Materiale entsprechenden Entfernung (s. §. 19) von den Wölbflächen die Begrenzungen $b_1 a_1 c_1$ und $b_2 a_2 c_2$ des Kerns ein, so kommt es darauf an, innerhalb dieses Kerns die mehrbesagte Stützklinie der kleinsten Schubkraft zu entwerfen.

Zu diesem Ziele gelangt man am einfachsten durch die Zeichnung einer Probe stützklinie, welche man unter willkürlicher Annahme eines Punktes in $A_1 A_2$ und $B_1 B_2$ entwirft, und welche man passend corrigirt, falls sie, wie dies meistens der Fall sein wird, den an die wirkliche Stützklinie zu stellenden Anforderungen noch nicht genügt. Dabei wird es sich fast immer

empfehlen, den höchsten Punkt a_2 im Scheitel und den tiefsten Punkt b_1 im Widerlager als die willkürlich anzunehmenden Punkte zu wählen; denn da für diese Punkte der Verticalabstand h ein Maximum ist, so ist zu erwarten, daß die ihnen zugehörige Stützlinie derjenigen vom kleinsten Schube nahe liegt, indem der Schub irgend welcher Stützlinie sich durch $H = Q \frac{c}{h}$ ausdrückt, also um so kleiner ausfällt, je größer der besagte Verticalabstand h zwischen Scheitel- und Kämpferangriff ausfällt.

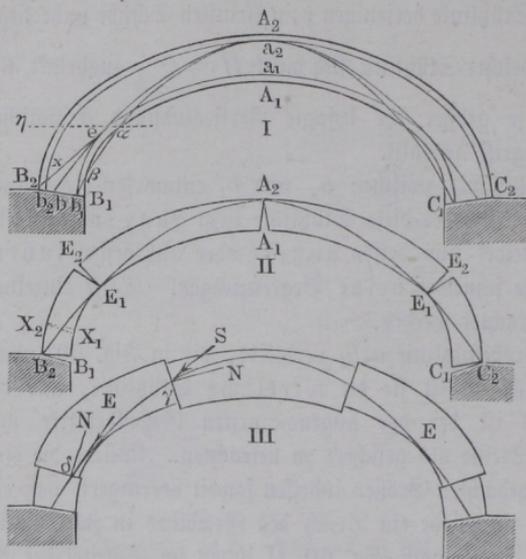
Hat man diese Probestützlinie zwischen a_2 und b_1 entworfen, so können folgende Fälle eintreten. Entweder diese Stützlinie liegt ganz innerhalb des Kerns, oder sie schneidet nur dessen äußere oder nur dessen innere Begrenzung oder aber, sie schneidet beide Begrenzungen. Diese einzelnen Fälle sollen gesondert betrachtet werden.

Gesetzt zunächst, die Probestützlinie $a_2 b_1$ verbleibt, wie in Fig. 60, gänzlich innerhalb des Kerns, so ist sie die wirkliche Stützlinie, und die Stabilität des Gewölbes ist bei der angenommenen Gewölbefstärke und Widerstandsfähigkeit der Steine als gesichert zu betrachten. Würde die eine oder die andere dieser letztgedachten Größen indessen soweit verringert, daß ein Einsturz erfolgen müßte, so würde ein Bruch des Gewölbes in zwei Theile eintreten, derart, daß die Fugen nach Fig. 60, II innen im Scheitel bei A_1 und außen in den Kämpfern bei B_2, C_2 sich öffnen würden. Diese gefährlichsten Stellen bei A, B und C nennt man daher bei diesem Gewölbe die Bruchfugen, welchen Namen man auch bei einem stabilen Gewölbe beibehält, welches dem Bruche nicht ausgesetzt ist. Bei der Zeichnung wird man finden, daß der hier angegebene Fall im Allgemeinen sich einstellt bei kreisförmigen Tonnengewölben, deren Mittelpunktswinkel zu jeder Seite des Scheitels den Betrag von 60° nicht übersteigt. Ein Gleiten der Wölbesteine auf einander wird in diesem Falle in der Regel nicht zu befürchten sein, da die Richtung des Fugendruckes von der Fugennormalen nirgends um den Reibungswinkel abweichen wird. Die größte specifische Pressung der Steine findet selbstredend in den Bruchfugen statt.

Wenn dagegen, wie es bei Halbkreisgewölben, gedrückt elliptischen oder Korbbögen meistens der Fall sein wird, die durch a_2 und b_1 gehende Stützlinie, Fig. 61, die innere Grenze $a_1 b_1$ des Kerns oder gar die innere Wölbfäche $A_1 B_1$ bei $\alpha \beta$ durchsetzt, so erhält man genau genug die wirkliche Stützlinie in derjenigen, welche durch denselben Punkt a_2 im Scheitel und außerdem durch denjenigen Punkt e der inneren Kernbegrenzung geht, welcher von der Probestützlinie zwischen α und β die größte Entfernung hat. Zeichnete man diese Stützlinie, und sollte sich herausstellen, daß dieselbe doch noch an einer Stelle den Kern überschreitet, so würde eine Wiederholung dieser Construction in jedem Falle mit genügender Genauigkeit die wirkliche Stütz-

linie aeb liefern. Hierbei ist nur zu beachten, daß diese letztere nicht die äußere Begrenzung des Kerns etwa bei x schneide, denn wenn dies der

Fig. 61.



Fall sein würde, so wäre in dem Gewölbe überhaupt keine Stützlinie möglich, und man müßte, um den Einsturz zu verhüten, die Schenkel bei B_2 und C_2 durch eine daselbst aufgeführte Hintermauerung verstärken, so daß die Stützlinie auch dort innerhalb des Kerns verbleibt. Wenn man diese Hintermauerung bis etwa zu der Horizontalen $\alpha\eta$ durch α aufführt, so erkennt man leicht, daß der vorliegende Fall auf den

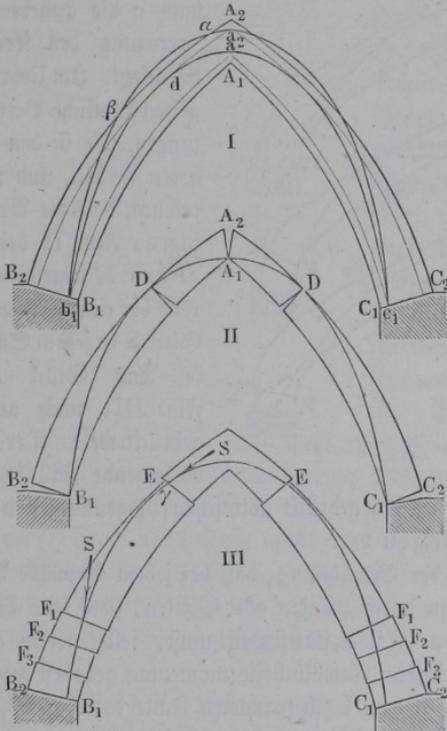
vorhergehenden durch Fig. 60 dargestellten zurückgeführt ist.

Die Bruchfugen, welche sich bei einer ungenügenden Stärke des Gewölbes, Fig. 61, einstellen, liegen im Scheitel $A_1 A_2$ und in den Schenkeln bei $E_1 E_2$, Fig. II. Während die Scheitelfuge bei A_1 sich innen öffnet, erfolgt bei E_2 ein Öffnen außerhalb für alle die Fugen, welche in dem zwischen α und β erhaltenen Stücke von der Stützlinie nicht getroffen werden. Die Füße der Schenkel zwischen β und den Widerlagern bleiben dabei stehen, sobald die Stützlinie bei b innerhalb des Kerns endigt, und aus dem Gewölbe fallen die beiden im Scheitel sich trennenden mittleren Theile AE heraus. Würde dagegen die Stützlinie noch oberhalb des Kämpfers B , etwa bei x , auch die äußere Begrenzung durchschneiden, so würden an dieser Stelle die Fugen sich innerlich bei X_1 öffnen und das Gewölbe dementsprechend in mehrere Theile zerfallen.

Wenn die Richtung des Stützdruckes S die Fugen des Gewölbes etwa bei γ und δ , Fig. III, unter Neigungen gegen die Normalen N treffen würde, die größer sind, als der Reibungswinkel ϱ der Wölfbsteine aufeinander, so würde, wenn man dies nicht durch geeignete Fugenrichtung verhinderte, eine Störung des Gleichgewichtes durch Gleiten eintreten, wobei das Mittelstück abwärts rutschen, und die beiden Seitenstücke E seitwärts hinausdrängen würde.

Setzt man ferner voraus, die durch $a_2 b_1$ Fig. 62, I, gehende Stützlinie durchschneide die äußere Begrenzung des Kerns oder gar des Gewölbes bei α

Fig. 62.



und β , so zeichnet man die wirkliche Stützlinie adb_1 durch b_1 und den Punkt d der Kernbegrenzung, welcher von der Probestützlinie $a_2 \alpha \beta b_1$ zwischen α und β die größte Entfernung hat, und es gelten für diesen Fall, welcher besonders bei geneigten Bögen mit geneigten Widerlagsfugen vorkommt, ähnliche Betrachtungen, wie für den vorhergehenden. Die Bruchfugen treten hier, außer im Scheitel A und in den Kämpfern B und C , wo selbst ein Deffnen nach außen stattfindet, noch bei D zu beiden Seiten des Scheitels auf, so daß der Bogen in der aus Fig. II ersichtlichen Weise in mehrere Stücke zerfällt. Dabei wird das Deffnen bei D entweder nur auf eine

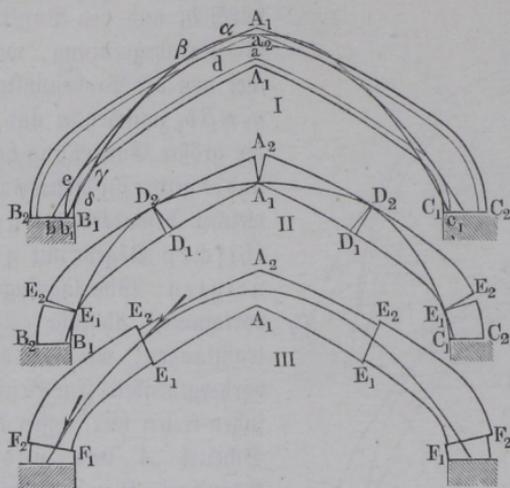
Fuge oder auf mehrere neben einander liegende sich erstrecken, je nachdem die Stützlinie die betreffende Wölbfläche berührt, oder durchschneidet.

Was den Zustand des Gleitens anbelangt, so wird, wenn die Druckrichtung S bei γ um mehr als den Reibungswinkel gegen die Fugennormale geneigt ist, jeder Schenkel bei E einwärts gleiten, während in den Fußstücken BF und CF ein Gleiten der Steine in allen den Fugen stattfindet, für welche die besagte Abweichung der Stützkraft S von der Normalen größer als der Reibungswinkel ist.

Wenn endlich der Fall, Fig. 63, I, vorliegt, daß die Probestützlinie $a_2 b_1$ beide Begrenzungen des Kerns und zwar zuerst die äußere bei $\alpha \beta$ und dann die innere bei γd durchschneidet, so zeichnet man diejenige Stützlinie $adeb$ ein, welche durch die beiden Punkte d und e der Kernbegren-

zungen geht, die von der Stützlinie $a_2 b_1$ am entferntesten sind, wozu das in §. 18 angegebene Verfahren am bequemsten dienen kann. Diese Stützlinie

Fig. 63.



wird die wirkliche sein, sobald sie weder oberhalb d die innere, noch unterhalb e die äußere Begrenzung des Kerns durchsetzt. Im Uebrigen gelten ähnliche Betrachtungen, wie in den früheren Fällen, und man erkennt, daß die Bruchfugen, Fig. II bei A , D und E liegen, während bei einem etwaigen Gleiten in jedem Schenkel das Stück EF Fig. III, nach außen gedrückt wird. Der hier vorliegende Fall kommt

in der Wirklichkeit besonders bei den gedrückt gothischen, sogenannten normännischen oder Tudorbögen vor.

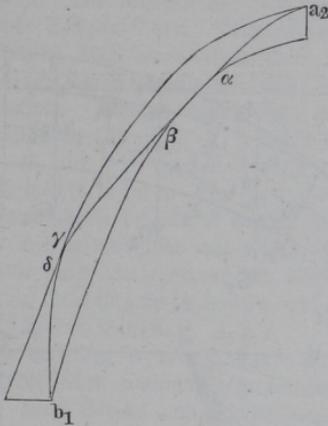
Es bedarf schließlich kaum der Erwähnung, daß bei jedem Gewölbe beim Einsturze, geschehe derselbe nun durch Ranten oder Gleiten, stets eine Senkung des Gesamtschwerpunktes stattfinden muß, selbst wenn auch im Beginne des Einstürzens einzelne Gewölbtheile momentan gehoben werden sollten, wie dies beispielsweise in dem letztbetrachteten Falle der Fig. 63, III mit den Stücken EF in der That geschieht.

Mit den hier vorgeführten Beispielen sind sämmtliche in der Wirklichkeit vorkommende Fälle erledigt, denn wenn z. B. die gedachte Probestützlinie $a_2 b_1$, Fig. 64, zuerst die innere Begrenzung des Kerns in α und β und dann die äußere in γ und δ durchschneidet, so ist überhaupt für das betreffende Gewölbe keine Stützlinie und daher keine Stabilität möglich, wie aus den in §. 18 angegebenen Betrachtungen über die allgemeinen Eigenschaften der Stützlinie sich unschwer ergibt.

Wenn man für irgend ein Gewölbe diejenige Stützlinie S entworfen hat, welche durch die Mitten der Fugen im Scheitel und den Kämpfern geht, so kann man sich die Aufgabe stellen, das Material des Gewölbes so zu vertheilen, bezw. die Gewölbform so zu verändern, daß die gezeichnete Stützlinie zur geometrischen Mittellinie des Bogens wird. Ist dies geschehen, indem man zu jeder Seite der besagten Stützlinie S die halbe

Gewölbstärke an dieser Stelle anträgt, so wird zwar für diese etwas geänderte Gewölbform G die ursprüngliche Stützl原因 nicht mehr genau eine Stützl原因 sein. Man kann indessen leicht die erforderliche Correction der Gewölbform dadurch vornehmen, daß man für die neuerhaltene Gewölbform G abermals die durch die Mitten der Scheitel- und Kämpferfuge gehende Stützl原因 S_1 zeichnet, welche von der erstgezeichneten S nur unbedeutend abweichen wird. Wenn man daher dieser neuen Stützl原因 S_1 entsprechend die Vertheilung der Gewölbmassen wieder so vornimmt, daß S_1 die Mittellиния wird, so erhält man ein Gewölbe G_1 , dessen Mittellиния sehr nahe eine mögliche Stützl原因 ist. Es wurde schon früher ange-

Fig. 64.



führt, daß damit zwar noch nicht ausgesprochen ist, daß diese mögliche, mit der Mittellиния zusammenfallende Stützl原因 auch die wirkliche sei, doch wurde ebenfalls bemerkt, daß jedenfalls ein so construirtes Gewölbe eine große Stabilität besitzen müsse. Es ist daher eine dementsprechende Ermittelung der Verhältnisse von Gewölben von großer Bedeutung für die Baupraxis, und es soll in dem folgenden Paragraphen diese Ermittelung noch auf rechnerischem Wege gezeigt werden.

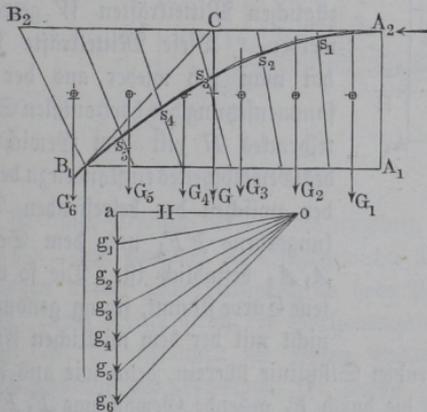
Als ein Beispiel von Interesse möge indeß zuvor der häufiger vorkommende Fall hier betrachtet werden, daß ein kreisförmiges Tonnengewölbe nur sein Eigengewicht, sonst aber keine zusätzliche Belastung zu tragen hat. Es sei zu dem Ende in Fig. 65, $A_1 A_2 B_2 B_1$ der Durchschnitt durch die Hälfte eines halbkreisförmigen Tonnengewölbes dargestellt, dessen überall gleiche Gewölbstärke $A_1 A_2 = B_1 B_2$ gleich 0,1 des äußeren Halbmessers $C A_2 = C B_2$ angenommen wurde. Denkt man nun diese Gewölbhälfte, deren axial gemessene Dimension gleich 1 m vorausgesetzt werde, durch radiale Ebenen $F_1 F_2 \dots$ in eine beliebige Anzahl gleicher Theile zerlegt, und ermittelt unter Zugrundelegung eines gewissen Kräftemaßstabes die Strecken, welche den Gewichten $G_1 G_2 G_3$ u. s. w. der einzelnen Gewölbtheile entsprechen, so erhält man durch Antragen dieser Strecken auf einer Verticalinien den Kräfteplan $a g_1 g_2 \dots g_{10}$. In dem vorliegenden Falle, in welchem das Gewölbe in lauter unter sich gleiche Theile getheilt wurde, fallen auch die einzelnen Strecken $a g_1, g_1 g_2, g_2 g_3 \dots$ gleich groß aus, so daß man nur die dem Gesamtgewichte G des halben Gewölbes entsprechende Strecke $a g_{10}$ in ebenso viel gleiche Theile zu theilen hat, wie das Gewölbe, um die Einzelgewichte der Theile zu erhalten. Die Einzelgewichte denkt man sich in den Schwerpunkten a_1, a_2, a_3, \dots der einzelnen trapezförmigen Gewölbtheile wirksam und

Weisbach & Herrmann, Lehrbuch der Mechanik. II. 1.

Seiten dieses Polygons mit den Fugen F Punkte der gesuchten Stützlinie $A_2 s_1 s_2 \dots B_2$. Diese Stützlinie nähert sich bei D_1 zwischen s_6 und s_7 in einem Abstände von etwa 60° vom Scheitel der inneren Gewölbeleitung fast bis zur Berührung, und sie stellt daher nach dem in §. 19 Bemerkten gleichzeitig die Stützlinie vom kleinsten wie diejenige vom größten Schube, folglich die einzig mögliche Stützlinie dar. Man erkennt auch aus der Figur leicht, daß durch eine Verrückung nach innen eines ihrer Angriffspunkte sowohl im Scheitel wie im Widerlager die Stützlinie die innere Wölbfläche in der Nähe von D_1 durchschneiden würde. Hieraus ergibt sich, daß ein halbkreisförmiges Gewölbe von den gewählten Verhältnissen, d. h. dessen Stärke nur $\frac{1}{10}$ seines Halbmessers beträgt, wenn es nur sein eigenes Gewicht zu tragen hat, sich im Grenzzustande des Gleichgewichts befindet. Um dem Gewölbe Stabilität zu verleihen, würde daher die Gewölbstärke vergrößert werden müssen, während die geringste Verminderung dieser Stärke unfehlbar mit einem Einsturz verbunden wäre. Wollte man das Gewölbe unter Beibehaltung der Stärke und Spannweite stabil erhalten, so hätte man die Gewölbform zu ändern. Dies kann z. B. dadurch geschehen, daß man die gefundene Stützlinie $A_2 s_1 s_2 \dots B_2$ als Mittellinie auffaßt, und zu beiden Seiten derselben in dem Abstände gleich der halben Gewölbstärke die Begrenzung der Wölbflächen annimmt, in welchem Falle man ein Gewölbe von der in der Figur durch Striche und Punkte angedeuteten, annähernd parabolischen Gestalt erhält.

Wenn man das Gewölbe nur bis zu der Bruchfuge $D_1 D_2$ ausführt, etwa derart, daß man den Schenkel zwischen D und B durch kräftige Hintermauerung gewissermaßen zu einem Bestandtheile des festen Widerlagers ausbildet, so erkennt

Fig. 66.



man, daß für den übrigbleibenden Bogen AD von einem halben Mittelpunktswinkel von etwa 60° die Stützlinie $A_2 D_1$ eine solche vom kleinsten Horizontalschube ist. Man ersieht hieraus den für die Stabilitätsverhältnisse günstigen Einfluß der Hintermauerung. Der Bogen wird nämlich hierdurch hinreichend stabil, denn es lassen sich für denselben noch unzählig viele Stützlinien dadurch zeichnen, daß man den Scheitelangriff von A_2 herunterrückt, und den Kämpferangriff von D_1 nach D_2 hin erhebt. Für alle diese Stützlinien ist der

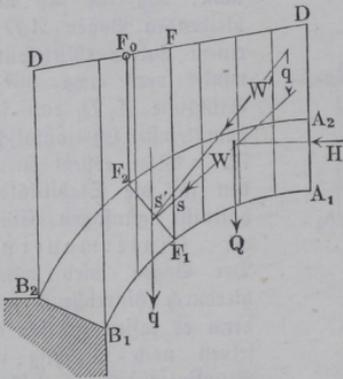
zugehörige Horizontalschub größer, als der der Linie $A_2 s_1 s_2 \dots D_1$ zukommende H_{min} , und man erhält den größten Werth H_{max} für die durch A_2 und D_2 gehende Stützlinie. Es ist ohne Weiteres klar, daß ein unter H_{min} sinkender Schub die Gewölbhälfte AD am Herunterfallen nach innen nicht hindern kann, während eine Schubkraft größer als H_{max} die Gewölbhälfte um D_2 nach außen umfängt. Ein solches Ueberfanten nach außen wird indessen nicht eintreten können, wie groß

auch immer die Schubkraft klein möge, wenn der Punkt D_2 höher als A_1 gelegen ist. Das letztere ist der Fall bei sehr flachen und insbesondere bei allen scheinrecht Gewölben. Zeichnet man daher für ein scheinrecht Gewölbe $A_1 A_2 B_2 B_1$, Fig. 66, in der erwähnten Art durch A_2 und B_1 die Stützlinie vom kleinsten Schube, so erhält man in diesem $H = oa$ diejenige Widerstandskraft, welche mindestens von den Widerlagern ausgeübt werden muß, wenn das Gewölbe am Herabfallen durch Rippen um einen Punkt der unteren Leibung verhindert werden soll. Ein Ueberflanten um eine Kante in der oberen Leibung $A_2 B_2$ ist aber niemals denkbar, wie groß auch der auf das Gewölbe ausgeübte Schub sein möge.

§. 22.

Die Kettenlinie als Stützlinie. Die analytische Behandlung der Stützlinie von Gewölben, welche Linie im Vorstehenden als der geometrische Ort der Angriffspunkte der auf die Fugen des Gewölbes wirkenden Mittelkräfte in diesen Fugen charakterisirt worden ist, würde auf große, kaum lösbare Schwierigkeiten der Rechnung führen. Aus diesem Grunde pflegt man bei der Rechnung eine vereinfachende Voraussetzung zu machen, darin bestehend, daß man das Gewölbe sammt seiner Belastung durch einzelne verticale Ebenen wie FF_1 , Fig. 67, in eine größere Anzahl von Streifen theilt und diejenige Stützlinie als Curve betrachtet,

Fig. 67.



welche die Durchschnittspunkte s enthält, in denen diese verticalen Trennungsebenen von den bezüglichen Mittelkräften W getroffen werden. Diese Mittelkräfte selbst hat man sich wieder aus der Zusammensetzung des horizontalen Scheiteldruckes H mit dem Gewichte Q des Gewölbtheiles entstanden zu denken, der zwischen der betreffenden Theilungsebene FF_1 und dem Scheitel $A_1 A_2$ befindlich ist. Die so erhaltene Curve stimmt, streng genommen, nicht mit der dem wirklichen Fugen-

schnitte des Gewölbes zukommenden Stützlinie überein, denn wie aus Figur ersichtlich ist, erhält man für die durch F_1 gehende Gewölbfuge $F_1 F_2$ den Punkt s' der Stützlinie, indem man das Gewicht q des Trapezes $FF_1 F_2 F_0$ mit der in s angreifenden Mittelkraft W aus H und dem Gewichte Q des Stückes $A_1 D F F_1$ zu einer neuen Mittelkraft W' zusammensetzt. Die Abweichung zwischen den beiden diese Punkte s und bezw. s' aufnehmenden Curven wird um so kleiner sein, je kleiner die Gewölbstärke $F_1 F_2$ gegen die Belastungshöhe FF_1 und je geringer die Neigung der Fuge gegen