
Persistenter Identifier:	1554117854977_J1867
Titel:	Jahres-Bericht der Königl. Polytechnischen Schule zu Stuttgart für das Studienjahr 1867/68
Ort:	Stuttgart
Datierung:	1867
Signatur:	w. G. qt 52
Strukturtyp:	volume
Lizenz:	https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/
PURL:	https://digibus.ub.uni-stuttgart.de/viewer/image/1554117854977_J1867/1/
Abschnitt:	Druckvertheilung in symetrischen Gewölben von mehr als mathematischer Stärke
Strukturtyp:	chapter
Lizenz:	https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/
PURL:	https://digibus.ub.uni-stuttgart.de/viewer/image/1554117854977_J1867/9/LOG_0009/

wurde. Aus der geringen mathematischen Stärke des Stichtogens z. B. ist noch nicht unbedingt auf dessen grössere Zweckmässigkeit zu schliessen, denn wegen des grösseren Horizontalschubs bedarf diese Form sowohl eines grösseren Zusatzes an Stärke für die Praxis, als auch stärkerer Widerlager.

Ideale Gewölbformen. — Für jede gegebene Belastungsweise gibt es eine Gewölbform, welche ersterer so vollkommen entspricht, dass die mathematische Stärke gleich Null ist, somit Rücken, Leibung und Druckcurve in Eine Linie zusammenfallen und sämtliche Fugen Bruchfugen sind. Diese Form mag, weil ihre Vortheile gegenüber nicht sehr abweichenden einfacheren Formen in der Praxis wenig in Betracht kommen, ideale Form heissen. Sie ist als umgestürzte, nicht gespannte sondern gepresste Seilcurve zu betrachten und auch nach denselben Grundsätzen zu bestimmen.

Gewisse Eigenthümlichkeiten dieser Linien lassen sich schon a priori kennen. Bei discontinuirlicher (an einzelnen Punkten concentrirter) Belastung entsteht ein Polygon aus Geraden, bei stetiger Lastvertheilung eine stetige Curve, und wenn beiderlei Belastungen vereinigt sind, ein Curvenpolygon (z. B. ein Spitzbogen, wenn nur der Scheitel eine Einzelbelastung trägt). Bei symetrischer Belastung ist natürlich auch die ideale Form symetrisch und hat, wenn jene zugleich stetig vertheilt ist, im Scheitel eine horizontale Tangente. Weil aber in Gewölben das Material immer nur gepresst ist, so ist die Curve immer nach der Seite hin concav, nach welcher die äusseren Kräfte gerichtet sind (bei senkrecht abwärts wirkender Belastung z. B. nach unten).

Besondere Fälle. — Ist das Gewölbe nur senkrecht, und der entwickelten Curvenlänge nach gleichförmig belastet, so entsteht bekanntlich als ideale Form die gemeine Kettenlinie; ist aber die senkrechte Belastung in horizontalem Sinne gleichmässig vertheilt, so erhält man die gemeine Parabel. Wirkt hingegen die Belastung nicht senkrecht, sondern normal zur Curve, und ist wieder gleichmässig vertheilt längs derselben, so ist die Idealform der Kreis. Letzterer Fall tritt ein angenähert unter hohen Flüssigkeitssäulen, und mit gröberer Annäherung auch unter hohen Erdschüttungen.

§. 4.

Druckvertheilung in symetrischen Gewölben von mehr als mathematischer Stärke.

Annahme eines bestimmten Horizontalschubs. — Die obwaltende statische Unbestimmtheit (§. 1) ist schon durch die Voraussetzung der Symetrie, welche die Horizontalität des Scheiteldrucks bedingt, beschränkt. Sie wird es noch mehr, wenn man sich die Grösse des Horizontalschubs gegeben und etwa in der Weise der Fig. 20 durch eine aktive, willkürliche Kraft K ersetzt denkt. Man begreift, dass auf diese Weise jeder einzelne Fugendruck seiner Grösse und Richtung nach gegeben ist, so dass nur noch in Betreff der Lage seines Angriffspunktes eine Unbestimmtheit verbleibt.

Grenzen für die Grösse des Horizontalschubes bei unendlich festem Material. — Lässt man nun die Kraft K von einem dem Gleichgewichte entsprechenden Werthe aus stetig abnehmen, so weicht das bewegliche Widerlager etwas zurück, der Gewölbscheitel senkt sich und die Curve nähert sich daselbst dem Rücken, an den Kämpfern hingegen der Leibung, bis endlich das Gewölbe durch Oeffnen der Fugen, wie in Fig. 20 angedeutet, in sich zusammenstürzt, in welchem Augenblicke die Curve die dort eingezeichnete möglichst steile Form hat.

Lässt man umgekehrt die Kraft K von jenem ersten Werthe aus stetig wachsen, so nähert sich das bewegliche Widerlager dem festen; der Scheitel hebt sich, die Curve nähert sich daselbst der Leibung, am Kämpfer dem Rücken, stellt sich also immer flacher, und der Einsturz erfolgt endlich nach Fig. 21 mit Erhebung des Scheitels. Doch kann dieser Fall begreiflicherweise nur dann eintreten, wenn die Leibung am Scheitel höher liegt als der

Rücken am Kämpfer, während andernfalls, z. B. bei schiefechten Gewölben, das Oeffnen der Fugen nach Fig. 21 selbst bei unendlich grossem Schube nicht eintritt.

Man sieht also, dass der Schub sich innerhalb gewisser Grenzen ändern kann, und dass die Curve um so steiler ist, je kleiner der Schub, und umgekehrt.

Grenzen der Druckcurve bei gegebenem Horizontalschub. — Für die eben erwähnten Gränzwerthe des Horizontalschubs gibt es, wie man sieht, je nur Eine Curve (resp. die steilste und die flachste); das Gleichgewicht ist also nur mathematisch und eine Unbestimmtheit findet nicht mehr statt. Für jeden Zwischenwerth des Schubs innerhalb jener Grenzen ist hingegen immer noch eine Unbestimmtheit vorhanden, indem zwar die Form der Curve gegeben, aber eine Verschiebung derselben in vertikalem Sinne nach Fig. 22 oder 23 noch denkbar ist.

Die Grösse des hiefür bleibenden Spielraums, a der Figuren, hängt davon ab, wie weit die gegeben gedachte Grösse des Schub's von jenen Grenzwertthen abweicht. Zwischen denselben gibt es einen Werth, für welchen der Spielraum am grössten wird und welcher daher als der für die Stabilität günstigste Schub bezeichnet werden kann. Demselben entspricht eine sich der Form der Leibung und des Rückens möglichst annähernde Curve.

Berücksichtigung der endlichen Materialfestigkeit. — Der Einfachheit wegen wurde in den Fig. 20—23 die Möglichkeit des Zusammentreffens der Curve mit den Gewölbegrenzen, somit unendliche Materialfestigkeit angenommen. In Wirklichkeit sind die Grenzen für den Horizontalschub enger, und um so enger je geringer die Festigkeit. Denkt man dieselbe daher stetig abnehmend, so schrumpft der Spielraum für den Schub immer mehr zusammen, bis er endlich zu 0 wird und folglich das stabile in das mathematische Gleichgewicht übergeht.

Einfluss der Abschrägung der Gewölbsteine. — Welche von den in Fig. 22 und 23 noch möglichen Curven wirklich stattfindet, hängt von verschiedenen, der Statik fremden Umständen ab, am meisten aber von dem Genauigkeitsgrade, mit welchem die Gewölbsteine abgeschragt werden. Die Winkelsumme aller Gewölbsteine sollte nämlich mit dem gegeben gedachten Winkel der Widerlagsflächen übereinstimmen, was jedoch in der Ausführung nie vollkommen erreicht werden kann. Ist jene Winkelsumme zu klein, so nähert sich die Curve der Leibung, andernfalls dem Rücken.

Einfluss der Zusammendrückbarkeit des Materials. — Wäre das Material sowohl im Gewölbe, als im Widerlager, und die Unterstützung des letzteren vollkommen starr, so würde vermöge der unvermeidlichen Ungenauigkeit nur eine von den beiden in Fig. 3 und 4 eingezeichneten Grenzcurven möglich sein. Das Gewölbe könnte also nur in dem Falle unverletzt bleiben, wenn das Material zugleich unendlich fest wäre.

Vermöge der Zusammendrückbarkeit wird nun die Ungenauigkeit insofern unschädlich gemacht, als die Concentrirung des Druckes dann nur bis zu einer gewissen Grenze stattfinden kann. Jede Vermehrung der Pressung an den Gewölbegrenzen bedingt nämlich eine weitere Zusammendrückung, somit eine Vertheilung des Druckes auf eine grössere Fläche und ein Zurückweichen des Mitteldruckes, also der Druckcurve, an der betreffenden Stelle. Diese Nachgiebigkeit des Materials ist daher auf die Haltbarkeit der Gewölbe von günstigem Einfluss, und es wirkt in dieser Beziehung besonders die Mörtelausfüllung der Gewölbefugen vortheilhaft mit.

Entstehung des Horizontalschubs auf festen Widerlagern. — Die bisher gemachte Voraussetzung (Fig. 20) trifft in Wirklichkeit nicht zu; denn:

- 1) der Horizontalschub ist nicht a priori gegeben;
- 2) die Widerlager wirken nicht activ auf das Gewölbe, ihr Abstand ist vielmehr (bis auf die von der Zusammendrückbarkeit ihrer selbst, sowie des Fundamentbodens herrührende Nachgiebigkeit nach aussen) von vorn herein gegeben.

Der Horizontalschub eines fertigen Gewölbes erwacht bei der Ausschalung desselben. Die Widerlager weichen demzufolge etwas zurück, der Scheitel senkt sich, die Druckcurve stellt sich steiler. Diese mit dem Namen „Setzen“ bezeichnete Bewegung bedingt also eine Verminderung des Schubs, zugleich aber auch eine Vermehrung der Widerstandsfähigkeit der Widerlager. Sie setzt sich so lange fort, bis vermöge beider gleichzeitiger Wirkungen der Gleichgewichtszustand erreicht ist.

Einfluss des Genauigkeitsgrades der Ausführung. — Welche Druckcurve nun diesem Gleichgewicht entspricht, hängt, wie man sieht, in erster Linie vom Grade der Nachgiebigkeit der Widerlager und ihrer Fundamente ab; sodann kommt aber auch wieder die Bearbeitung der Gewölbsteine in Betracht, deren Einfluss hier noch bedeutender ist, als bei vorausgesetzter Beweglichkeit eines Widerlagers (nach Fig. 20), indem es nun nicht allein auf die Abschrägungswinkel, sondern auch auf die Dicke der Steine im Verhältniss zur gegebenen Entfernung der Widerlager ankommt. Alle Ungenauigkeiten kann man sich am Schlussstein concentrirt denken; je dicker derselbe und je fester er eingetrieben wird, desto flacher stellt sich die Curve und umgekehrt. Es sollte bei Bearbeitung dieses Steines auch das wahrscheinliche Nachgeben der Widerlager bei der Ausschalung berücksichtigt werden. Bei grossen Gewölben kann dieses indessen nur unvollständig geschehen, denn es ist unmöglich den Scheitelstein fest genug anzutreiben; daher die Curve in diesem Falle eine mehr steile Form anzunehmen pflegt. Seltener und nur bei kleineren Gewölben wird die Curve sich zu flach gestalten, durch allzu festes Eintreiben des Schlusssteines.

Folgen einer ungünstigen Druckvertheilung im Gewölbe. — Da man nach dem Vorstehenden diese Vertheilung nur sehr unvollständig in der Hand hat, so drängt sich die Frage auf, welche Folgen eine ungünstige, an gewissen Punkten den Gewölbgrenzen zu nahe kommende Druckcurve schlimmstenfalls haben könne. Es pflegt dann das oft beobachtete Abspringen der Kanten der Gewölbsteine (in Württemberg „Brennen“ genannt) einzutreten, welches sich soweit in das Innere des Gewölbes fortsetzt, bis in Folge davon die Curve hinreichend zurückgewichen ist. Der Uebelstand bringt also die Abhilfe selbst mit sich, und zwischen einem ungenau ausgeführten und einem statisch instabil geformten Gewölbe findet der wesentliche Unterschied statt, dass die ebenfalls mit dem Abspringen der Kanten beginnenden Bewegungen dieses letzteren bis zum Einsturz sich fortsetzen, während sie im ersteren von selbst wieder aufhören, nachdem die Curve eine günstigere, die Materialfestigkeit nirgends überschreitende Lage angenommen hat. Jenes Gewölbe muss also einstürzen, dieses wird nur einzelne lokale Beschädigungen zeigen.

Mittel gegen das „Brennen“. — Das sicherste Mittel besteht darin, die Berührung der Gewölbsteine erst in einiger Entfernung von der betreffenden Gewölbgränze (besonders von der Leibung, weil da die Schäden am meisten ins Auge fallen) beginnen zu lassen, entweder durch Anwendung sogenannter Refendfugen oder durch Befreiung der äusseren Fugentheile von Mörtel, vor der Ausschalung. Uebrigens ist die Gefahr um so geringer, je weicher der Mörtel bei der Ausschalung, indem schon das Nachgeben des letzteren die Concentrirung des Drucks an den Kanten verhindert. Daher die Regel, mit dem Aufwölben und Ausschalen möglichst zu eilen.

§. 5.

Maximalpressung in Tonnengewölben.

Günstigste Druckvertheilung. — Denkt man sich die Grösse und Lage sämtlicher Fugendrucke gegeben, so kann nach §. 1 aus dem Angriffspunkte und der Normalcomponente jedes Drucks die grösste in der betreffenden Fuge stattfindende Pressung (welche an der den Angriffspunkten benachbarten Kante wirkt) bestimmen. Von den für die verschiedenen Fugen hiedurch erhaltenen Pressungen ist aber nur die grösste, welche sich auf eine Bruch-