



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der gotischen Konstruktionen**

**Ungewitter, Georg Gottlob**

**Leipzig, 1890-**

Standicherheit gegen Winddruck

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-76966](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-76966)

Nimmt man an, dass zwei Flächen herausgeschnitten sind, von denen die untere  $b_2$  doppelt so gross ist als die obere  $b_1$ , so ist  $\log \text{nat} (b_2 : b_1) = \log \text{nat} 2 = 0,69315$ . Dieses oben eingesetzt ergibt:  $0,69315 = \gamma \cdot h : k$ , daraus folgt aber:  $h = 0,69315 \cdot k : \gamma$ . Hiernach kann man für Mauerwerk einer gegebenen Schwere und einer bestimmten zulässigen Beanspruchung berechnen, in welchen Höhenabsätzen sich die Grundfläche jedesmal verdoppelt haben muss. Nehmen wir z. B. an, wir haben das obere Stück eines Turmes aus 1600 kg f. d. cbm schwerem Ziegelmauerwerk so projektiert, dass sich für 1 qem Grundfläche eine Belastung von  $7\frac{1}{2}$  kg, also für 1 qm von 75000 kg berechnet, und wir wollen den Turm nach unten verlängern, ohne dass die Pressung steigt, so haben wir allmählich die Grundfläche so zu vergrössern, dass sie in einer Tiefe von  $h = 0,69315 \cdot 75000 : 1600$  also  $h = 32,5$  Meter doppelt so gross geworden ist. Nach abermals 32,5 m muss sich dann die Fläche wieder verdoppeln, gegen die erste also vervierfachen, ebenso muss sie sich bis zu der folgenden Höhenabteilung verachtfachen, dann sechszehnfachen usf. Dabei steigt der Materialbedarf nach unten schliesslich so schnell, dass eine praktische Grenze bald gezogen wird.

Jedenfalls sehen wir aber, dass die oben für Pyramiden angegebenen Höhen noch nicht die äusserste Grenze erreichen. Für das angeführte Klinkermauerwerk von 2000 kg Gewicht und 15 kg Beanspruchung auf 1 qem, also 150000 f. d. qm, würde sich die Verdoppelung der Grundfläche in Absätzen von je  $0,69315 \cdot 150000 : 2000 = 52$  m vollziehen müssen, bei Werkstein von 2600 kg Gewicht und 30 kg Beanspruchung in solchen von  $0,69315 \cdot 300000 : 2600 = 80$  m Höhe usf. Türme aus letzterem Material von 400 und 500 m Höhe aufzuführen würde gar nicht so schwierig sein. Mit Hilfe von Granit oder Basalt, den man bei 1000 kg oder selbst 2000 - 3000 kg Druckfestigkeit auf 1 qem unbedenklich mit 60, ja 100 kg und darüber belasten könnte, liessen sich aber selbst Höhen erzielen, neben denen unsere modernen Riesentürme, wie der Eiffelturm, Zwerge sein würden. Wir sehen, unser ehrwürdiger Werkstein braucht noch lange nicht dem Eisen den Platz einzuräumen.

Wir müssen hier noch der irrigen Ansicht entgegenreten, dass man die Festigkeit der Werksteine wegen der geringen Mörtelfestigkeit nicht genügend ausnutzen könne. Allerdings hängt die Festigkeit von Gusswerk oder wenig lagerhaftem Bruchsteingemäuer fast nur von der Mörtelbeschaffenheit ab, anders ist es aber schon bei Ziegelmauerwerk. Versuche in der technischen Versuchsanstalt zu Berlin (s. Mitteilung ders. von 1884, S. 80) ergaben für 3 Monate alte Mauerwürfel aus gleichen Ziegelsteinen in Kalk und Zementmörtel die wenig von einander abweichenden Festigkeiten von 44 bez. 63 kg, während die Festigkeiten der verwendeten Mörtelarten den gewaltigen Unterschied von  $12\frac{1}{2}$  zu 211 kg aufwiesen. Bei längerer Erhärtungszeit und dickeren Mauern würde unseres Erachtens die Verschiedenheit beim Mauerwerk noch geringer ausfallen. Für grosse Quader aber mit gleichmässigen, dünnen Fugen dürfte der Einfluss des Mörtels fast ganz verschwinden, vorausgesetzt, dass letzterer die sonst erforderlichen Eigenschaften hat, die in erster Linie darin beruhen, dass er sich in alle Unebenheiten hineinpresst, ohne bei dem jeweiligen Druck aus einzelnen Fugenteilen ganz herausgepresst zu werden. Unter diesen Bedingungen würde es beispielsweise ziemlich gleichgültig sein, ob man Zement, Kalk, Blei, Kreide oder Lehpulver verwendet, man würde bei ausgewählt guten Steinen ruhig eine Belastung bis zu  $\frac{1}{10}$  oder doch mindestens  $\frac{1}{20}$  der Druckfestigkeit wagen können und dabei jedenfalls bedeutend sicherer bauen, als wenn man es jetzt allgemein für gut findet, das leicht rostende Eisen bis  $\frac{1}{4}$  oder selbst  $\frac{1}{3}$  seiner Festigkeit (bei Verbindungen, die zum Teil nicht zuverlässiger sind als die Mörtelfuge) zu beanspruchen. Böse Erfahrungen hat man an zahlreichen Brückeneinstürzen ja sattsam gemacht. —

Wir sehen aus alledem, dass unseren Bauwerken bei weichen Materialien und unvorteilhafter Massenverteilung sehr geringe Höhen zugemessen sind, dass andererseits aber bei Verwertung guter Baustoffe, die Grenzen weniger durch die Festigkeit als durch praktische Gründe anderer Art gezogen werden.

#### Standicherheit gegen Winddruck.

Die Standicherheit eines Körpers vergrössert sich mit seiner Schwere und seiner Grundfläche, nimmt dagegen ab mit Vergrösserung der dem Winde dargebotenen Fläche. Daher ist es wichtig, dass man ganz besonders die oberen Teile, die man ja möglichst leicht herzustellen sucht, unter gebührender Berücksichtigung des Winddruckes ent-

Grösse des  
Wind-  
drucks.

wirft. Weiter unten kann man dann die Massenverteilung mehr nach den vorhin angegebenen Gesetzen vornehmen. Der Winddruck ist am grössten, wenn er eine Fläche senkrecht trifft und verringert sich bedeutend bei starker Neigung der Fläche, sei es im Aufriss oder im Grundriss (siehe S. 163). So ist der Winddruck gegen die Ecke eines im Grundriss quadratischen Turmes trotz der grösseren Diagonalbreite nur 0,707 mal so gross wie der Druck gegen die Seitenfläche. Der Druck gegen einen Zylinder ist 0,785, der gegen ein achteckiges Prisma 0,707 mal so gross wie der Druck gegen eine senkrecht getroffene Fläche gleicher Breite. Da bei Feststellung dieser Werte die Reibung an den Flächen vernachlässigt wurde, ist es besser, sie etwas zu erhöhen, besonders bei grösseren Vorsprüngen auf den Flächen.

Die Grösse des Winddruckes pflegt selten über 120 kg auf 1 qm hinauszugehen, ist aber einzeln bis etwa 200 kg in Europa beobachtet. Wo es sich darum handelt, die Spannungen in Dachkonstruktionen oder die Kantenpressung im Mauerwerk etc. zu berechnen, pflegt man sich mit der Annahme von 120 kg auf 1 qm zu begnügen, zumal an geschützt liegender Stelle. Es ist dies in sofern zu verteidigen, als man die Festigkeit des Materials ja nur in gewissen Grenzen beansprucht, also immer noch eine gewisse Sicherheit behält. Handelt es sich um hochragende Dächer oder Mauern, so empfiehlt es sich diesen Wert auch unter den beregten Umständen auf 150 bez. 180 kg zu erhöhen. Ganz anders liegen aber die Verhältnisse, wenn die Umsturzgefahr (z. B. die eines unverankerten hölzernen oder eisernen Turmhelmes), bei der keine Sicherheit vorliegt, zu berechnen ist; hier sollte man bei viereckigen Baukörpern mindestens 250 kg auf die senkrecht getroffene Fläche, bei runden und achteckigen Türmen oder Helmen aber mindestens 200 kg auf den vollen senkrechten Querschnitt in Ansatz bringen. Wollte man mit kleineren Werten z. B. 120 kg rechnen, so müsste man auch hier wieder eine gewisse Sicherheit einführen und z. B. verlangen, dass das Stabilitätsmoment mindestens doppelt so gross wäre als das Umsturzmoment.

Stand-  
sicherheit  
der Türme.

Will man die Stabilität durch Rechnung untersuchen, so hat man sich zunächst davon zu überzeugen, dass keine direkte Umsturzgefahr vorliegt (s. S. 137); damit kann man sich meist aber noch nicht begnügen, sondern muss bei Holz und Eisen verfolgen, ob die Stäbe, welche die Konstruktion dicht vor dem Umsturz tragen würden, stark genug sind (s. Beispiel auf S. 622) und bei Stein, ob die Kantenpressung sich nicht zu sehr steigert. Zu letzterem Zweck sucht man den Durchgangspunkt des resultierenden Druckes durch die Grundfläche (s. S. 140, 166, 336, 377) und bestimmt nun nach S. 141—145 die Kantenpressung.

Wenn der Turm auf einzelnen, sehr hohen Pfeilern steht, so kann es nötig werden, diese für sich auf Umkippen oder auch auf Durchbiegung besonders zu berechnen (vgl. S. 359 und S. 169 unten), gewöhnlich sind aber in entsprechenden Höhenabteilungen die Pfeiler und ebenso die Wandteile der Türme so fest mit einander verbunden, dass man den ganzen Turm als einen zusammenhängenden Kasten betrachten kann. Man sieht dann die Grundfläche, trotzdem sie unter Umständen ganz in einzelne Pfeiler aufgelöst ist, als eine fest verbundene zusammengehörige Figur an.

Zur Benutzung der Formel 5 auf Seite 143 hat man für den Grundriss das Trägheitsmoment aufzustellen, das man für zusammengesetzte Flächen bekanntlich durch Addition bez. Subtraktion der Trägheitsmomente der Einzelflächen findet; es ist z. B. für den Kreisring, wenn D und d der äussere und innere Durchmesser ist:  $\frac{1}{64} \pi \cdot D^4 - \frac{1}{64} \pi \cdot d^4$ , für das hohle Rechteck mit den äusseren

Seiten B, H und den inneren b, h ist es ebenso:  $\frac{1}{12} B \cdot H^3 - \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$  usf. Die Kernfigur solcher ringförmiger oder hohler Flächen ist grösser als diejenige voller Querschnitte und berechnet sich nach Formel 4 auf Seite 142. Sie ist z. B. für den Kreisring ein Kreis von einem Durchmesser =

$\frac{D^2 + d^2}{4D}$ , für das hohle Quadrat ein übereckstehendes Quadrat mit einer Diagonallänge  $= \frac{B^2 + b^2}{3 \cdot B}$

für das hohle Achteck ein Achteck mit der Diagonale  $= 0,27 \frac{B^2 + b^2}{B}$ . Je dünner die Wanddicke wird, um so grösser wird der Kern; in dem Grenzfall, dass die Wandstärke unendlich dünn würde, wäre  $D = d$  bez.  $B = b$ , folglich die Kernbreiten  $\frac{1}{2}D$  bez.  $\frac{2}{3}B$  bez.  $0,54B$ , d. h. doppelt so gross als bei dem vollen Querschnitt. Das ist aber sehr günstig, denn es kann der resultierende Druck in solchen hohlen Querschnitten weit stärker vom Schwerpunkt abweichen, ohne dass sich die Kantenpressung zu sehr steigert. Erst wenn der Druck bei dem hohlen Quadrat mit dünnen Wänden aus den mittleren  $\frac{2}{3}$  fällt, d. h. sich dem äussersten Sechstel nähert, verdoppelt sich der Kantendruck. Mit Rücksicht auf die Steigerung der Kantenpressung durch Wind oder Wölbschub darf man aber immerhin die zulässige Beanspruchung durch die Eigenlast nicht voll ausnutzen, einen Werkstein, der 30 kg tragend ist, wird man z. B. je nach Lage der Verhältnisse nur mit 20 oder 24 kg durch Eigengewicht belasten.

Türme mit steinernen Helmen und inneren Gewölben pflegen so schwer zu sein, dass ihre Standsicherheit durch Wind nicht gefährdet ist, ja es pflegt sich bei ihnen selbst der Kantendruck nur ganz unbedeutend zu steigern. Bei dünnwandigen Türmen mit Holzhelmen dagegen kann der Wind auf die Festsetzung der Mauerdicken wesentlichen Einfluss üben. Bei diesen muss auch darauf geachtet werden, dass die vom Wind getroffene Wand sich nicht durchbiegt oder im Grundriss betrachtet gleich einem scheinrechten Bogen die Nachbarwände hinausdrückt. Gar zu dünn kann man daher auch bei Türmen ohne Helm- und Wölbschübe die Mauern nicht machen.

Wenn die Mauer Massen sich nach oben rasch vermindern, so ist die Untersuchung der Standsicherheit auch auf höher liegende Grundrisse auszudehnen, ganz besonders muss sie aber für die Helme Platz greifen. Wie bereits das Beispiel auf S. 621 gezeigt hat, kann bei Holzhelmen sehr leicht eine Verankerung nötig werden, ohne eine solche bieten dieselben einem gegen die volle Querschnittsfläche gerechneten Winddruck von 200 kg auf 1 qm. nur dann Widerstand, wenn sie beim Höhenverhältnis 2:1 ein Gewicht von mindestens 75 kg, bei 3:1—115 kg, bei 4:1—160 kg, bei 5:1—200 kg und bei 6:1—240 kg für 1 qm Oberfläche des Mantels haben.

Bei steinernen Helmen von  $\frac{1}{2}$  St. Stärke tritt die Gefahr des Umsturzes bei einem Höhenverhältnis von 5:1 bis 6:1 ein und der Druck tritt aus dem Kern bei der  $2\frac{1}{2}$ — $3\frac{1}{2}$  fachen Höhe, mit genügender Sicherheit kann man  $\frac{1}{2}$  St. starke Helme in etwa 4 facher Höhe auführen, wenn man die obere Spitze vollmauert und überhaupt der oberen Endigung sein Augenmerk zuwendet (s. S. 597); bei sehr schweren Klinkern kann man auch bis  $4\frac{1}{2}$ :1 gehen. Helme von 1 St. Stärke gestatten die doppelten Höhen, brauchen daher nicht weiter untersucht zu werden.

#### Schub der Helme und Gewölbe des Turmes.

Wenn die etwaige Aufhebung des Helmschubes durch die Zugfestigkeit des oberen Mauerstückes des Turmes (s. S. 606) ausser Acht gelassen wird, so müssen die Wände genügend stark sein, den Schub zu bewältigen. Man untersucht die Widerlager bei einem viereckigen Turme, indem man eine Ecke, also  $\frac{1}{4}$  des Turmes, für sich betrachtet, beim Achteck ebenso ein Achtel. Wenn die Widerlager senkrecht nach unten gehen, so müssen sie gleich oben erhebliche Stärken oder richtiger erhebliche Schwere haben, um die schräg gerichtete Widerlagskraft der Helme rasch in

Stand-  
sicherheit  
der Helme.

Schub  
der Helme.