



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der gotischen Konstruktionen

Ungewitter, Georg Gottlob

Leipzig, 1890-

Stärke und Belastung der Pfosten

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

im Verhältnis der zunehmenden Höhe ihre Grenze hat, unter anderen des Aussehens wegen auf eine grössere Felderbreite führen müsste, als sie der Anlage der Verglasung günstig ist, so muss es geraten sein die Pfostenhöhe zu beschränken, entweder durch eine Verringerung der ganzen Fensterhöhe oder durch eine Hinabsenkung des Masswerks, derart dass es seinen Anfang schon unterhalb der Grundlinie des Fensterbogens einnimmt. Durch letzteres Verfahren wird zugleich (wie wir gleich näher sehen werden) die Schwere des Masswerks, also die Belastung der Pfosten, mithin die Stabilität vergrössert. An vielen Werken des 14. und 15. Jahrhunderts findet sich eine Versteifung der Pfosten hergestellt durch nasenbesetzte Spitzbögen, welche sich zuweilen auch mit reicheren Masswerkanordnungen, mit Dreipässen, Vierpässen oder nasenbesetzten Quadraten verbinden und so den Pfosten etwa in halber Höhe einen Querverband verschaffen, häufig auch fallen die Bögen weg und die Verbindung besteht blos in aneinander gereihten Quadraten oder selbst in wagrecht gelegten Pfostenstücken.

An dem unteren Werkstück der Pfosten bleiben in derselben Weise wie an den Wandpfosten die Ansätze für die Sohlbank stehen (s. Fig. 1146).

Das Ganze des Masswerks ist dann dem Fensterbogen in ähnlicher Weise wie eine Holzfüllung dem Rahmen eingeschoben, entweder nach einem Grat (s. Fig. 1148) oder einer Abrundung (s. Fig. 1148a). Ausserdem kommt oft die Einfassung (1148c) vor oder eine Verbindung auf Nut und Feder, welche der Natur des Steines und dem Zweck zufolge nur kurz, 3—5 cm lang, aber breit ist (s. Fig. 1148b). Bei VIOLLET LE DUC ist noch eine weitere Konstruktion angeführt, wonach das Masswerk dem Fensterbogen stumpf untersteht und durch einzelne aus letzterem sich herauschwingende den Trägern der Kapitäle ähnliche Hörner vor jeder seitlichen Abweichung gesichert wird.

Das Masswerk bildet unter Umständen (S. 500) für den Fensterbogen einen Lehrbogen und muss dann vor Zuwölbung des letzteren aufgestellt werden.

Stärke und Belastung der Pfosten.

Bestimmte Massverhältnisse zwischen den Pfosten und der Mauerdicke aufzustellen, wie es das spätere Mittelalter geliebt zu haben scheint (s. S. 352), z. B. die Pfostenstärke nach $\frac{1}{8}$, $\frac{4}{10}$ der Mauerstärke zu bemessen, muss als ein den Ueberlieferungen der Frühzeit und dem statischen Bedürfnis wenig Rechnung tragendes Verfahren bezeichnet werden. Es steht zwar nichts im Wege, den Pfosten kleiner Fenster an Masse zuzusetzen, um sie zu der Gewändegliederung oder zu grösseren benachbarten Fenstern in harmonische Beziehung zu setzen, im allgemeinen ist aber die Grösse, besonders die Höhe des Fensters entscheidend, so dass sich kleine Fenster in dicken Mauern mit verhältnismässig dünnen Pfosten begnügen können, während diese umgekehrt bei hohen Fenstern in dünnen Wänden nahezu durch die ganze Mauerdicke fassen müssen, um stabil zu sein.

Der Grundriss der Pfosten ist mit Rücksicht auf den Lichteinfall schmal und im Einklang mit den Laibungen nach aussen und innen verjüngt (Fig. 1149). Die Tiefe der Pfosten ist dagegen bedeutend, da sie nach dieser Richtung dem Winddruck zu widerstehen haben. Die meisten Pfostengrundrisse kann man nach Ausgleich der Vor- und Rücksprünge etwa auf den vereinfachten Grundriss Fig. 1150 zurückführen. Ein solcher Grundriss von der mittleren Breite b , der äusseren und inneren Breite $\frac{1}{2} b$ und der Tiefe $2 \cdot b$ hat eine Fläche $1,5 \cdot b^2$ und nach der grossen Richtung ein Träg-

Einfügung
des
Masswerks.

Grösse und
Form des
Querschnitts.

heitsmoment $\frac{5}{12} b^4$, nach der kleinen Richtung $\frac{5}{64} b^4$. Die eingetragene Kernfigur (vgl. S. 142) hat eine Länge von $\frac{10}{36} t$.

Der Pfosten muss so stark sein, dass er unter seiner Belastung nicht zerdrückt wird, dass er unter derselben nicht seitlich ausbaucht und dass er schliesslich nicht durch den Wind durchgebogen wird.

Bei nicht gar zu schlanken Pfosten richtet sich die Belastung, welche man ihnen zumuten darf, nur nach der Druckfestigkeit des Materials. Wegen der leicht eintretenden excentrischen Druckübertragung empfiehlt es sich, die Beanspruchung in mässigen Grenzen zu halten und bei Forderung einer reichlich 10fachen Sicherheit auf jeden qcm Querschnitt nur 5 kg bei Ziegelstein in Kalkmörtel, 10 kg bei gutem Ziegelstein in Zementmörtel oder gewöhnlichem Werkstein und höchstens 20 kg bei festem, mit besonderer Sorgfalt versetztem Werkstein zuzulassen. Danach würde ein Querschnitt von der Gestalt der Figur 1150 bei 15 cm Breite und 30 cm Tiefe also 338 qcm Fläche bei Ausführung in gewöhnlichem Ziegelstein $5 \cdot 338 = 1690$ kg, bei festem Werkstein $20 \cdot 338 = 6760$ kg aufnehmen können. In der Tabelle A auf S. 496 sind unter P die zulässigen Gesamtlasten (Oberlast nebst Eigengewicht) für eine Anzahl von Pfostenquerschnitten aufgeführt.

Uebersteigt der Pfosten eine gewisse Höhe, so wird die Gefahr des Ausbauchens grösser als die des Zerdrückens, in Folge dessen ist dann seine Belastung in entsprechend geringeren Grenzen zu halten. Man berechnet aus der gegebenen Pfostenhöhe l die zulässige Last N (und umgekehrt) nach der allgemeinen Knickformel:

$$N = n \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{s \cdot l^2}$$

Darin ist: N die aufruhende Last nebst dem Eigengewicht der oberen Pfostenhälfte in kg; n ein Koeffizient, der von der Einspannung der Enden abhängt und hier bei richtiger Ausführung zwischen 1 und 4 liegt, zur Sicherheit aber nur = 1 gesetzt werden möge; $\pi^2 = 3,14 \cdot 3,14 = rd 10$; E der Elastizitätsmodul, der nach den allerdings noch unvollkommenen Untersuchungen für Ziegelstein zu 150 000, für weichen Werkstein zu 250 000, für festen Werkstein zu 400 000 angegeben wird; J das Trägheitsmoment nach der betreffenden Biegungrichtung; s ein Sicherheitskoeffizient, der = 10 gesetzt werden möge, und l schliesslich die Länge in cm.

Wenn keine Sturmisen vorhanden wären, so würde der Pfosten zunächst in seitlicher Richtung ausbauchen, also das kleinste Trägheitsmoment ($\frac{5}{64} l^4$ bei unserem Querschnitt) in Rechnung zu stellen sein. Die Tabelle giebt unter J_{min} diese Trägheitsmomente für die einzelnen Querschnitte an und weiter hinten in 3 Spalten unter l_1 die zulässige Pfostenhöhe bei voller Last P , bei halb so grosser Last und bei alleiniger Wirkung des Eigengewichtes. Einen Pfosten von 15 cm Breite bei 30 cm Tiefe würde man demnach bei voller Last 4,8–6 m, bei halber Last 6,8–8,4 und bei alleiniger Eigenlast selbst 12–16 m lang machen dürfen, um noch die wünschenswerte 10fache Sicherheit gegen seitliches Knicken zu haben.

Verlässt man sich darauf, dass die Sturmstangen eine genügende Verspreizung von Pfosten zu Pfosten bilden, so kommt ein Knicken nur nach der Tiefenrichtung in Frage. Das dann gültige grösste Trägheitsmoment findet sich in der Tabelle unter J_{max} , während die zulässigen Pfostenlängen in den 3 Spalten unter l_2 aufgeführt sind. Die zulässigen Längen sind bei voller Last ungefähr die 40fache Pfostentiefe. Würde man sich bei musterhafter Ausführung und tadellosen Baustoffen mit einer geringeren (z. B. 5- oder $2\frac{1}{2}$ - statt 10fachen) Sicherheit begnügen, so würde man die Tabellenwerte sogar noch um 50–100% steigern können, also die Pfosten bei genügender seitlicher Verspreizung selbst 60 oder 80mal so hoch machen als sie tief sind.

Die Möglichkeit so schlanker Pfosten hängt mit den Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnissen der Steine zusammen, auch runde oder quadratische Pfeiler können bei Stein verhältnismässig viel

Grösste Belastung wegen der Druckfestigkeit.

Belastung und Pfostenhöhe wegen des Zerknickens.

schlanker sein als bei Holz oder Eisen. Während bei einer runden oder quadratischen Holzstütze schon bei einer Länge gleich der 10—13fachen Dicke leichter ein Knicken als ein Zerdrücken eintritt, findet dieses bei Steinpfeilern erst bei der 25—40fachen Dicke statt, ein Umstand, den die Alten wieder richtig erkannt und, wo es sein musste, ausgenutzt haben, wie es unter anderen die Pfeiler im Schloss zu Marienburg, der Briefkapelle zu Lübeck, einer Seitenkapelle des Rigaer Domes, die schlanken Säulchen vor der Rose des Strassburger Münsters zeigen. Bei stark belasteten Pfeilern wird man übrigens gut thun, die Schlankheit nicht über 1:20 bis 1:25 zu steigern.

Ist somit der Pfostenlänge hinsichtlich der Knickgefahr ein weiter Spielraum gelassen, so werden ihr um so engere Grenzen gezogen, wenn das Fenster einem starken Winddruck ausgesetzt ist, wie dieses die letzten drei Spalten der Tabelle zeigen, die nach der unten aufgeführten Formel berechnet sind. Ein Ziegelpfosten von 15 cm Breite und 30 cm Tiefe darf demnach bei 75 oder 100 cm Abstand nur 3,5 oder 3,1 m lang sein, bei Ausführung in Zementmörtel oder aus Werkstein 5,0 bez. 4,3 m und bei festem Werkstein 7,1 bez. 6,1 m. Das sind keine grosse Längen und doch ist ein für hochgelegene Fenster nur mässig grosser Winddruck von 120 kg auf 1 qm in Rechnung gebracht, während eine starke Kantenpressung bis zu 10 kg bei Ziegel in Kalkmörtel, 20 kg bei Ziegel in Zementmörtel oder Werkstein und 40 kg bei festem Werkstein zugelassen ist. Weit über die Tabellenwerte hinaus zu gehen, ist demnach nicht geraten, umso mehr als die Beanspruchung im quadratischen Verhältnis der Länge wächst und mit der Pfostenlänge auch die Gefahr unregelmässiger Ausführung sich steigert. Würden die Werte 2—3mal überschritten, so wäre selbst bei fehlerlosem Zustande ein Zerstoren durch den Wind zu erwarten, haltbar würde man so schlanke Pfosten nur noch durch genügend dicke, durchlaufende Sturmstangen machen können (s. S. 492), welche die Pfosten an die Fensterlaibungen festketten. Abgesehen von der Gefahr des Rostens hat das Verlassen auf durchgehende Eisen den grossen Mangel, dass die Pfosten starke, die Fugen lockernde Erschütterungen durchmachen, bevor das biegsamere Eisen zur Wirksamkeit gelangt.

Zulässige
Höhe wegen
des Wind-
drucks.

Der Wind übt auf einen Pfosten eine ähnliche Wirkung aus wie die Last auf einen scheinrechten Bogen, infolgedessen geben die Pfostenenden noch oben und unten einen mit dem Gewölbschub vergleichbaren Enddruck, welcher das auf den Pfosten ruhende Mauerwerk nach oben zu drängen sucht. Es muss sich deshalb ein genügend grosses Gewicht von Mauerwerk dem oberen Pfostenende entgegenstemmen können. Somit giebt es neben der oberen Grenze der Pfostenbelastung (s. P in der Tabelle) auch eine untere Grenze, wenn der Wind den Pfosten nicht durchdrücken soll. Dieser Umstand ist wichtig genug, eine nähere Betrachtung zu fordern.

Geringste
Last zur
Verhütung
der Durch-
biegung
durch Wind.

Damit der Pfosten durch den Wind nicht durchgedrückt wird, muss sich in ihm eine Stützlinie von der Pfeilhöhe x und den Endkräften D (s. Fig. 1151) bilden. Unter Aufstellung der Momentengleichung für die Pfostenhälfte erhält man für D und x die

Beziehung:
$$D \cdot x = \frac{1}{8} \cdot w \cdot l^2.$$

Darin ist l die Pfostenhöhe in Centimetern und w der auf den Pfosten nebst zugehöriger Glasfläche wirkende Winddruck für je 1 cm Höhe. Am oberen Pfostenende muss die Endkraft D oder genauer die senkrechte Seitenkraft derselben ebenso gross sein wie die obere Belastung des Pfostens, ist diese fest gegeben, so ist damit die Pfeilhöhe x der Stützlinie nach obiger Gleichung zu ermitteln. Je kleiner D wird, um so grösser wird x , nun darf letzteres aber eine bestimmte Grösse nicht überschreiten, wenn der Pfosten haltbar bleiben soll. Wird x gleich der Pfostentiefe t , so findet unbedingt Einsturz statt, da mit der Zugfestigkeit des Mörtels hier ganz besonders nicht gerechnet werden kann.