



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der gotischen Konstruktionen

Ungewitter, Georg Gottlob

Leipzig, 1890-

Einfluss der Durchbrechungen (Umgänge) auf die Standfestigkeit

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

Wenn wir hier die Anlage doppelter Fensterreihen zunächst in Beziehung auf einschiffige Kirchen erörtert haben, so gilt doch das Gesagte in gleicher Weise von den Seitenschiffen bei dreischiffigen, die ganze Anordnung aber findet erneute Anwendung in Verbindung mit einer Anlage von doppelten Seitenschiffen über einander, auf welche wir weiter unten zurückkommen werden.

Einfluss der Durchbrechungen auf die Standfähigkeit.

Ein Widerlager mit grösseren Durchbrechungen ruft immer den Eindruck grosser Kühnheit, unter Umständen sogar einer gewissen Unsicherheit hervor. In der That können Aussparungen an ungeeigneter Stelle bedenklich werden, andererseits lassen sie sich richtig angewandt zu einer erstaunlichen Kühnheit treiben, wie die alten Werke bekunden und eine Betrachtung der Standfähigkeit erweist.

Zulässigkeit
der Durch-
brechungen.

In einem Widerlagskörper, der seitlichen Kräften widerstehen soll, kommt nur stellenweis die Festigkeit des Materials in Frage, während der grössere Teil der Baustoffe der Aufgabe zu dienen pflegt, als lastende Masse die Standfähigkeit zu erhöhen. Es leuchtet ein, dass sich zunächst in diesen mehr lastenden Teilen Oeffnungen leicht unterbringen lassen, sofern sie nicht eine ungünstigere Anordnung oder zu grosse Verminderung der Lasten nach sich ziehen; bei richtiger Verwendung können sie sogar zu einer besseren Lastverteilung oder einer Ersparnis unnötiger Massen dienen.

Unter Umständen sind Durchbrechungen selbst in den stärker beanspruchten Teilen möglich, sie können hier eine wünschenswerte Lage des Druckes erzwingen und bisweilen auch die statische Unsicherheit über die voraussichtliche Verteilung des Druckes beheben.

Will man in einer durchbrochenen Widerlagsmauer oder einem Pfeiler mit Aussparungen den ganzen Verlauf des Druckes von oben bis unten verfolgen, so sucht man sich auf dem gewöhnlichen Wege (vgl. S. 141) die Stützlinie auf, wobei die durch die Oeffnungen ersparte Masse natürlich auch bei Berechnung der Gewichte fortzulassen ist. Wenn die Stützlinie eine Oeffnung überquert, so liegt darin nichts Beängstigendes. Es wird sich an einer solchen Stelle der Mitteldruck spalten müssen, so dass sich zu jeder Seite der Oeffnung ein entsprechender Anteil des Druckes in dem Mauerwerk überträgt, den man nach Grösse und Richtung aufsuchen kann (siehe unten).

Da die Sicherheit des Bauwerkes durch die Aussparungen nicht beeinträchtigt werden darf, sind die beiden Forderungen aufzustellen, dass zunächst die Gefahr des Umkippens nicht vergrössert wird und dass sodann die Kantenpressung nirgends zu gross wird, oder neben der letzteren Bedingung auch, dass zur Verhütung von klaffenden Fugen die mittlere Druckkraft innerhalb des Querschnittskernes bleibt.

Umsturz
durch Um-
kippen.

Sicherheit gegen Umsturz. Ein Widerlagskörper von der in Fig. 858 dargestellten Form wird unter dem Einfluss einer Seitenkraft H zunächst geneigt sein, um die untere Kante A zu kippen. Wenn aber oberhalb einer höher liegenden Fuge KL starke Masseinziehungen oder grössere Durchbrechungen statthaben, so kann die gefährliche Kippkante nach K hinaufrücken, und zwar wird das Kippen eintreten, wenn das Stabilitätsmoment $Q \cdot a$ geringer wird als das Umsturzmoment $H \cdot c$, worin Q die resultierende Schwerkraft aller in und am Widerlager vorhandenen Gewichte und a deren seitlichen Abstand von der Kippkante K bezeichnet. Das Umkippen, dessen Vorgang Fig. 858 a veranschaulicht, bewirkt eine Bewegung des Schwerpunktes S (Fig. 858)

nach einer um K beschriebenen Bogenlinie bis S_1 , die ganze Masse Q ist also um das Stück h oder TS_1 zu heben.

Ausser dem Kippen kann sich bei Vorhandensein einer Aussparung der Umsturz in der durch Fig. 858 b veranschaulichten Weise vollziehen. Das grössere, neben der Oeffnung liegende Mauerstück $KCDR$ (Fig. 858) wird umgerollt oder aufgekantet, bis die Kante D senkrecht über K liegt; von da ab wird die Masse schon von selbst nach aussen überstürzen. Es rückt dabei der Schwerpunkt s des Mauerstückes $KCDR$ auf einer um K beschriebenen Bogenlinie nach s_1 , das Gewicht G desselben wird also um h_2 in die Höhe gehoben, das über CD liegende gesamte Mauerwerk wird gleichzeitig mit der Kante D um das beträchtliche Stück h_1 in die Höhe gerückt.

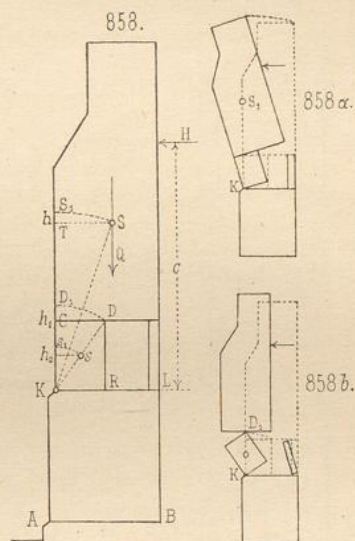
Bezeichnet man die Last der Oberwand über CD mit P und das Gewicht der Stelzwand $KCDR$ mit G , so ist bei diesem Hochkanten eine Arbeit zu verrichten: $P \cdot h_1 + G \cdot h_2$.

Die Arbeit beim einfachen Umkippen (Fig. 858 a) ist dagegen: $(P + G) \cdot h$.

Je nachdem der erste oder zweite dieser Ausdrücke geringer ist, ist leichter ein Hochkanten (Fig. 858 b) oder ein Umkippen (Fig. 858 a) zu fürchten.

Wenn das Gewicht der Stelzmauer verhältnismässig klein ist, im Vergleich zu der Obermauer, so kann man sich ein noch viel einfacheres Kennzeichen verschaffen; man zieht in der Zeichnung um K die Kreisbögen SS_1 und DD_1 und misst die Ordinaten h und h_1 . Ist h kleiner, so wird leichter das Umkippen (Fig. 858 a) eintreten; ist h_1 aber kleiner, so ist mehr das Hochkanten (Fig. 858 b) zu fürchten. Die Anlage einer Durchbrechung wird also nicht als eine un stabile Stelle im ganzen Gefüge angesehen werden können, solange das Stück h_1 grösser ist als h . Diese Bedingung würde es oft gestatten, die Aussparungen bis zur Hälfte und mehr der Wandhöhe hinaufsteigen zu lassen, anderseits sind natürlich die Durchbrechungen um so weniger zu fürchten, je niedriger sie sind, und je breiter die Stelzwände neben ihnen bleiben.

Zulässige Beanspruchung, Kernlage des Druckes. Wenn man die Sicherheit des Mauerkörpers, wie vorstehend, nach der Gefahr des Umsturzes bemisst, so setzt man dabei ein unbegrenzt festes Baumaterial voraus; da es ein solches nicht giebt, wird in Wirklichkeit noch vor Eintritt des Umsturzes ein Zermalmen der gefährdeten Kanten stattfinden. Es ist deshalb die weitergehende Forderung aufzustellen, dass an keiner Stelle, besonders an keiner Kante die Pressung der Baustoffe eine als zulässig erachtete Grenze überschreitet. Daneben läuft für die meisten Fälle noch die Bedingung her, dass die Mittellinie des Druckes den Kern des Querschnittes nicht verlassen darf. Welche dieser beiden letzteren Forderungen die strengere ist, hängt in den einzelnen Fällen von Nebenumständen ab. Es sind die Fragen der Druckverteilung im allgemeinen weiter oben (s. S. 137—148) so eingehend behandelt, dass es hier



Umsturz durch Drehen der Umgangswand.

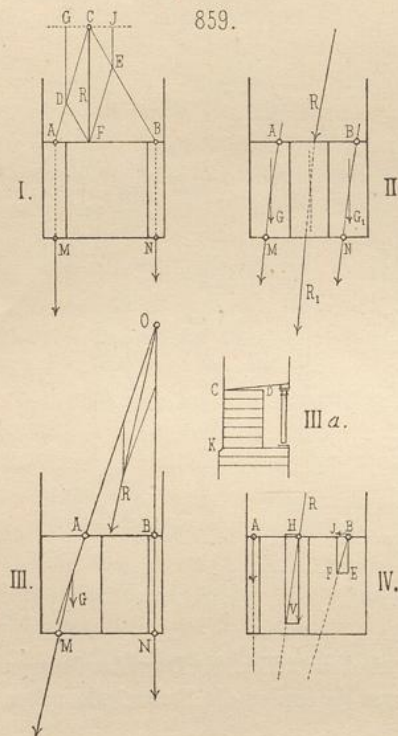
Verteilung des Druckes auf die beiden Wände.

nur erübrigt, die Kraftleitung in dem vorliegenden ganz bestimmten Falle einer Mauerdurchbrechung in Betracht zu ziehen.

Man sucht zunächst für die horizontale Fuge oberhalb des Durchganges Grösse und Lage der resultierenden Druckkraft auf (vgl. Fig. 370 und 371 auf S. 140) und hat sodann diese in die Seitenkräfte zu zerlegen, welche sich zu den beiden Seiten der Oeffnung im Mauerwerk fortpflanzen. Für vier verschiedene Fälle ist die Zerlegung an den Figuren 859 I bis IV durchgeführt.

Fig. 859 I. Die resultierende Kraft R sei senkrecht gerichtet, die Stelzwände seien ziemlich dünn. Würde R in der Mitte zwischen den beiden gleich dicken Wänden liegen, so würde jede von ihnen die Hälfte des Druckes erhalten. Da aber in der Zeichnung R mehr links liegt, so wird auch nach hier die grössere Seitenkraft fallen, es wird sich R ähnlich auf die beiden

Einige besondere Fälle.



Mauern verteilen, wie eine Einzellast auf einen Balken sich in die beiden Auflagerdrücke zerlegt, die Seitenkräfte sind umgekehrt proportional ihrem Abstand von R , durch Zeichnung kann man sie ermitteln, wie folgt. Man nimmt die Angriffspunkte der Teilkräfte als A und B mitten auf den Stelzmauern an, trägt die Grösse der Kraft R als die Länge CF hin, zieht die Linien CA und CB und bildet aus diesen und der Diagonale CF das Parallelogramm $CDFE$. Zieht man nun noch durch C eine Wagerechte, so liefern die Abstände GD und EJ die Grösse der gesuchten Seitenkräfte.

Die Annahme, dass die Angriffspunkte der Seitenkräfte A und B inmitten der Mauern liegen, kann nur annähernden Anspruch auf Richtigkeit machen, da die verschiedene Lage der Kraft R , die verschiedene Stärke der Stelzmauern und die für diese wie ihre Ueberbrückung gewählte Ausführung Schwankungen hervorrufen können. Um in besonderen Fällen, z. B. bei einseitiger Lage von R und grosser Dicke der einen oder anderen Stelzmauer, annähernd richtig zu urteilen, muss man sich vergegenwärtigen, dass die Mittelkraft R nicht auf einen einzelnen Punkt wirkt, sondern dass sie nur ein zusammenfassender Ausdruck ist für die weit verteilten Flächenkräfte, wie sie früher durch die Spannungsbilder Fig. 375 bis 377 sowie 383—385 veranschaulicht sind.

Fig. 859 II. Die Mittelkraft R sei schräg gerichtet bei gleicher Dicke der Stelzmauern. Kann man annehmen, dass die Seitenkräfte parallel zu R sind und dass die Druckpunkte A und B gegeben sind, so ist die Zerlegung ganz entsprechend vorzunehmen wie

bei Figur I. Die Seitenkraft, welche näher bei R liegt, wird wieder entsprechend grösser ausfallen. Nachdem man die Seitenkräfte noch mit den Gewichten der Mauern G und G_1 zusammengesetzt hat, treten sie unten als M und N hervor und können hier erforderlichen Falles wieder zu einer Mittelkraft R_1 vereinigt werden.

Auch hier ist die Lage der Druckpunkte A und B nicht mit Bestimmtheit festzulegen. Rechnet man ebenso wie bei den Wölbungen (s. S. 47) mit einem günstigen Einfluss des plastischen Mörtels, so ist anzunehmen, dass bei richtiger Ausführung die Seitenkräfte bestrebt sein werden, sich möglichst in der Mitte der Stelzmauer zu halten, dass also z. B. der Punkt A etwa so weit rechts von der Mitte liegt, wie M links von derselben. Geht man von dieser Voraussetzung aus, so kann man eine Stelzmauer als hinlänglich stark betrachten, solange es möglich ist, die Seitenkraft so in ihr unterzubringen, dass nirgends die Pressung zu gross wird oder auch, dass die Kraft überall im Kern bleibt.

Die parallele Richtung der Seitenkräfte zu der Mittelkraft trifft gleichfalls nur unter Umständen

zu, es kann Fälle geben, in denen die eine Seitenkraft ganz oder nahezu senkrecht steht, während die andere um so schräger liegt (s. Fig. 859 III), ja sie können sogar bei stark schiebenden Gewölben zwischen den Stelzwänden beide nach aussen gekehrt sein. Besonders ist bei ungleich dicken Wänden vorauszusetzen, dass bei sonst entsprechender Ausführung die Seitenkraft in der schwächeren Wand steiler, in der stärkeren dagegen flacher ist.

Fig. 859 III. Bei schräger Richtung der Mittelkraft liege an der „Kippseite“ eine starke Stelzwand, an der anderen Seite dagegen nur eine dünne, aber genügend feste Stütze. Der letzteren wird man nur eine senkrechte Kraft zumuten können. Zur Auffindung der Seitenkräfte zieht man durch B eine Senkrechte bis zum Schnitt O mit R . Von O zieht man die Linie OA und zerlegt dann nach dem Parallelogramm die Kraft R nach den Richtungen OA und OB in ihre Seitenkräfte, denen man dann innerhalb der Wände deren Gewichte G und G_1 noch zufügt. Verläuft in der linken Mauer die Kraft ungünstig, so kann man durch Verschiebung von A die Konstruktion wiederholen.

Die thatsächliche Lage von A hängt natürlich wieder von Umständen ab, sie kann besonders durch die Länge der rechts stehenden Stütze stark beeinflusst werden, der ungünstigste Fall tritt ein, wenn die Stütze zu lang ist (vgl. Fig. III a). Es ruht sodann die obere Last vorwiegend auf der Kante C , die Uebertragung der schrägen Kraft ist so überhaupt nicht möglich. Eine Ruhelage kann nur wieder eintreten nach Abspringen eines Steinstückes bei C oder nach einer Verschiebung der oberen Masse nach links, wobei sich die Stelzwand so weit dreht (vgl. Fig. 858 b), dass die innere Kante D sich oben unterlegt und nebst den benachbarten Teilen der Fläche den Druck aufnimmt.

Fig. 859 IV. Die Lage der Stelzwand und Stütze sei vertauscht, sonst sei alles wie vor. Die Zerlegung der Kräfte vollzieht sich ebenso mit der alleinigen Ausnahme, dass der Schnittpunkt O nach unten rückt. Liegt der Schnittpunkt zu fern, so kann man sich in diesem wie im vorigen Fall in anderer Weise helfen. Man zerlegt R zunächst in die senkrechte und wagerechte Kraft V und H . V zerlegt man in ihre senkrechten, in A und B angreifenden Seitenkräfte nach Massgabe der Figur 859 I. Von H wird auf die links liegende Stütze gar kein oder doch kein beachtenswerter Teil kommen, es wird deshalb H ganz an den Punkt B als BJ getragen. BJ und BE geben zusammengesetzt nun die Kraft BF in der rechts liegenden, stärkeren Stelzwand.

Wo die Belastungen wechseln, wo z. B. der Wind grossen Einfluss übt, da wird die Grösse der resultierenden Druckkraft R , ebenso wie deren Richtung schwanken, es muss dann natürlich auch für diese Belastungsfälle eine genügende Sicherheit vorhanden sein, es genügt dann, die Untersuchung für die beiden Grenzlagen von R anzustellen.

Wechselnde Belastung.

Die Ueberdeckung schmaler Umgänge wird am besten durch Steinbalken oder Platten aus festem, zähen Stein bewirkt; wo diese nicht ausführbar sind, durch Ueberkragung, in besonderen Fällen auch wohl durch Wölbungen. Wenn man Metallverankerungen überhaupt zulassen will, so können sie über und unter den Durchbrechungen am Platze sein.

Art der Ausführung.

Damit eine richtige Kraftübertragung stattfindet, ist, wie aus den vorbesprochenen Beispielen deutlich hervorgehen wird, eine sehr sorgfältige Ausführung, die alle wichtigen Forderungen der Druckleitung ins Auge fasst, gerade an diesen Punkten geboten. Besonders wird Vorsicht erheischt, wenn an der einen Seite eines Durchganges lange, aus einem Stück bestehende Säulen angewandt werden, während die Mauer an der anderen Seite aus einzelnen Schichten in schwindendem Mörtel ausgeführt wird. Welchen nachteiligen Einfluss, abgesehen von der etwa zu grossen Belastung der Säulen, eine zu grosse Länge der letzteren ausüben kann, ist an der kleinen Skizze Fig. 859 III a dargethan. Dass derartige besonders kühne Konstruktionen an den mittelalterlichen Werken sich meist recht gut bewährt haben, zeugt dafür, dass die alten Meister bei der Ausführung alle wichtigen Erfordernisse richtig ins Auge gefasst haben.