Construction die beiden in E zusammenstoßenden Gewölbtheile EB und EC gleiche Momente in Bezug auf B und C haben, denn es ist nach der Construction $Er = En + n'r'$, und nach dem Vorbemerkten ist $n'r'$ gleich dem Momente der über Ei_2 befindlichen Last, in Bezug auf D_2 oder C. Bezeichnet daher wieder $G_1 a_1$ das Moment des Gewölbstückes BE in Bezug auf B, und ist G_2 das Gewicht des Stückes ME, so hat man das Moment des Theils BE in Bezug auf B, gleich $M_1 = G_1 a_1 + Er$, und dasjenige von EC in Bezug auf C gleich

$$M_2 = G_1 a_1 + 2 G_2 . l + n'r' = G_1 a_1 + En + nr = M_1.$$

§. 27. **Gewölbstärke.** Wenn für ein Gewölbe in der vorstehend angegebenen Weise für eine bestimmte Belastung die Form des Bogens, oder für eine gegebene Bogenform die Vertheilung der Last so bestimmt ist, daß sich eine ganz im Innern des Gewölbes, resp. des Kerns verbleibende Stützlinie einzeichnen läßt, so ist das Gewölbe hinsichtlich seiner Stabilität gegen Drehung als gesichert zu betrachten. Wenn ferner die Fugenstellung so gewählt wird, daß die Richtung der Stützkraft nirgend um den Reibungswinkel von der Normalen zur Fuge abweicht, so kann auch kein Gleiten der einzelnen Wölbsteine stattfinden. Diese letztere Bedingung wird immer leicht zu erfüllen sein, denn wenn man, wie dies wohl allgemein geschieht, die Fugen überall normal zur Mittellinie oder auch wohl zur inneren Bogenfläche anordnet, so wird man im Allgemeinen fast immer finden, daß der gedachte Abweichungswinkel der Stützkraft von der Fugennormalen für die verschiedenen möglichen Stützlinien wesentlich unter dem Reibungswinkel für die Steine bleibt, und daß man nicht genöthigt ist, auf eine besondere Cohäsion oder Scheerfestigkeit des Mörtels zu rücksichtigen. Das Gewölbe ist aber außer auf seine Stabilität auch in Hinsicht seiner Festigkeit zu prüfen, und dazu ist es erforderlich, daß die einzelnen Wölbsteine mit hinreichend großen Flächen sich gegen einander stützen, um nicht durch den auf sie wirkenden Druck zermalmt zu werden. Bezeichnet man allgemein mit W den Normaldruck zwischen zwei beliebigen Wölbsteinen, und ist p die Druckspannung pro Flächeneinheit, welche man für das Wölbmaterial als zulässig erachtet, so ist zur Aufnahme dieses Druckes eine Fläche $F = \frac{W}{p}$ erforderlich. Dieser Werth würde in dem Falle gleich der ganzen Fugenfläche zu setzen sein, wenn der Druck W in der Mitte der Fuge wirkte, weil in diesem Falle eine gleichmäßige Vertheilung des Druckes angenommen werden kann. Wenn jedoch der Angriffspunkt der Druckkraft außerhalb der Mitte gelegen ist, etwa in einem Abstande e von derselben, so findet eine ungleiche Vertheilung der Pressung statt, und es gelten hierfür die gleichen Betrachtungen, welche in §. 14 in Bezug auf die Futtermauern angeführt worden sind. Insbesondere wird die Pressung an der einen

Kante der Fuge gleich Null, sobald der besagte Abstand e den Werth $\frac{d}{6}$ erreicht, unter d die Stärke des Gewölbes an der betrachteten Stelle verstanden. Deswegen hat man auch, wie schon im §. 19 angeführt worden ist, das innere Drittel des Gewölbes häufig als den Kern vorausgesetzt, aus welchem die Stützlinie nicht heraustreten soll. Was die zulässige Pressung p des Wölbmaterials anbetrifft, so pflegt man dieselbe ebenso wie die Belastungen meist durch die Höhe eines Prismas von gleichem specifischen Gewichte mit dem Wölbmateriale auszudrücken, so daß, unter k diese Höhe und unter γ dieses specifische Gewicht verstanden, die specifische Pressung durch $p = k\gamma$ gegeben ist. Für die rückwirkende Festigkeit, d. h. diejenige Belastungshöhe K durch deren Einfluß das Material zerdrückt wird, sind in der nachfolgenden kleinen Tabelle die mittleren Werthe angegeben, welche nach Bauschinger's Versuchen den für Gewölbe meist angewendeten Baumaterialien zukommen. In der Tabelle ist gleichzeitig das specifische Gewicht und die Festigkeit in Kilogrammen pro 1 qcm eingeführt.

Tabelle für die rückwirkende Festigkeit der Gewölbematerialien.

	Specif. Gewicht γ	Zerdrückungshöhe K	Zerdrückungskraft
Syenit	2800 kg	4890 m	1370 kg
Granit	2600 „	4150 „	1080 „
Kalkstein	2400 „	2920 „	700 „
Sandstein	2400 „	1500 „	360 „
Ziegel	1800 „	940 „	170 „
Cementmörtel	—	—	180 „
Beton	2300 „	—	60 „

Die mit Sicherheit zulässige Belastungshöhe k ist jedoch aus verschiedenen Gründen bei den Ausführungen nur zu einem kleinen Bruchtheile von K anzunehmen. Zunächst ist, wie aus dem Vorstehenden sich ergiebt, keineswegs vorauszusetzen, daß die Druckkraft überall die Mitte der Fuge trifft, denn selbst in den Fällen, in welchen das Gewölbe so entworfen ist, daß die Mittellinie eine mögliche Stützlinie ist, kann durch verschiedene Umstände, wie z. B. das Setzen des Gewölbes beim Ausrüsten, durch die Ausdehnung bei Temperaturveränderungen, ferner durch bewegliche Belastung u. s. w. die Stützlinie an einzelnen Stellen aus der Mitte gedrängt werden, in Folge dessen der Druck sich ungleichförmig über die Lagerfugen vertheilt und einzelne Theile besonders stark gedrückt werden. Hierzu kommt die ungleichförmige Beschaffenheit des Baumaterials, welches nicht als durchaus homogen vorausgesetzt werden kann. Auch ist es nicht möglich, die einzelnen Wölbsteine so genau zu bearbeiten und zu versetzen, daß die Berührung gleichmäßig in der ganzen Fugenfläche stattfindet, vielmehr wird die Berührnng immer nur auf einzelne Stellen sich beschränken, in welchen der Druck sich derartig concentrirt, daß daselbst ein theilweises Zermalmen des Materials und Zerstören des ganzen Wölbsteins herbeigeführt werden kann. Gerade zur Vermeidung dieses letzteren Uebelstandes ist die Verwendung des Mörtels zwischen den Steinen erforderlich, welcher gewissermaßen als Füllmaterial die Ungleichmäßigkeiten ausgleichen soll. Da aber das gehörige gleichmäßige Vertheilen des Mörtels, besonders in der Nähe des Scheitels, mit großen Schwierigkeiten verbunden zu sein pflegt, und auch der noch nicht gehörig erhärtete Mörtel bei übermäßigem Drucke leicht aus den Fugen herausgedrückt wird, so muß man aus allen diesen Gründen nur eine verhältnißmäßig geringe Pressung zwischen den Wölbsteinen zulassen.

Um für diese Pressung einen Anhalt zu finden, bleibt bei der bislang ungenügenden Kenntniß der erwähnten Umstände nichts anderes übrig, als aus den Dimensionen und Belastungen bewährter Ausführungen die Größe der Pressung zu ermitteln, welche in diesen Ausführungen stattfindet. In dieser Weise hat z. B. Scheffler*) eine große Anzahl von verschiedenen gut bewährten und renommirten Brücken derartig untersucht, daß er aus den bekannten Dimensionen und Belastungen die Stützlinie des kleinsten Horizontalschubes ermittelte, und dann diesen Schub H selbst durch die Beziehung (s. §. 18) $H = \frac{Qc}{h}$ berechnete, unter Qc das Moment des halben Gewölbes in Bezug auf den Kämpfer und unter h dessen Abstand von der Schubkraft im Scheitel verstanden. Wurde nun die gefundene Größe H durch die Gewölbstärke d im Scheitel dividirt, so ergab sich die specifische Pressung daselbst zu $p = \frac{H}{d}$ oder die Pressungshöhe zu $k = \frac{p}{\gamma}$. Ebenso wurde der Normaldruck W auf die unter dem Winkel α gegen die Verticale geneigte Kämpferfuge zu

$$W = H \cos\alpha + Q \sin\alpha$$

bestimmt, und die Pressung des Kämpfers, dessen Dicke d_1 ist, zu

$$p_1 = \frac{W}{d_1} \text{ bezw. } k_1 = \frac{p_1}{\gamma}$$

ermittelt.

---

*) Theorie der Gewölbe, Futtermauern u. eisernen Brücken.

Diese Untersuchung ergab, daß die Pressungshöhe k im Scheitel für die verschiedenen Spannweiten oder Horizontalschübe sehr verschieden ist, indem diese Höhe bei ganz kleinen Brücken nicht mehr als etwa 3 m betrug, und sich dagegen bei den größten Spannweiten bis über 60 m erhob. Ebenso schwankte die Pressungshöhe in den Kämpferfugen, woselbst sie immer wesentlich größer als im Scheitel sich herausstellte, und in einzelnen Fällen den 3- bis 4 fachen Werth der Scheitelpressung mit gegen 250 m erreichte. Mit Rücksicht hierauf giebt Scheffler an, man solle die specifische Pressung mit der absoluten Größe des Horizontalschubes H wachsend, die größte Pressungshöhe im Scheitel aber nicht über 200′ oder 63 m annehmen, während man die Pressung für die Kämpfer gleich der anderthalbfachen Scheitelpressung, also die Belastungshöhe daselbst ebenfalls nicht größer als 300′ oder 95 m anzunehmen habe. Für die Wahl des in jedem Falle anzuwendenden Betrags ist an dem gedachten Orte eine Tabelle mitgetheilt, welche für verschiedene Werthe des Horizontalschubes H die specifischen Pressungen, also auch die Gewölbstärken ergiebt.

Auch auf Grund der in §. 22 ermittelten Beziehungen hat man mit Rücksicht auf ausgeführte stabile Brücken, deren Krümmungshalbmesser, Belastungshöhe und Gewölbstärke im Scheitel bekannt sind, die specifischen Pressungen des Materials bestimmt, und es ist in dieser Weise von Heinzerling*) eine Tabelle angegeben, welche im Auszuge hier angeführt werden soll. Die hierfür geltenden Beziehungen lassen sich im Wesentlichen folgendermaßen wiedergeben.

Nach §. 22, Gleichung (8), welche zu

$$H = r z_0 \gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

gefunden wurde, ist für jede Stützlinie der Horizontalschub H eines 1 m breiten Gewölbstreifens gleich dem Gewichte eines Steinprismas von der Höhe z_0, der Länge r und der Breite gleich 1 m. Denkt man sich nun ein Gewölbe nach dem Vorhergegangenen so construirt, daß die Stützlinie durch die Mitte der Scheitelfuge geht, und dessen innere Leibung überall parallel zur Stützlinie ist, d. h. denkt man sich die innere Wölblinie durch Abtragen der halben Scheitelstärke $\frac{d}{2}$ in allen Punkten der Stützlinie erhalten, so findet zwischen dem Halbmesser r_1 der inneren Wölblinie im Scheitel und demjenigen r der Stützlinie daselbst die Beziehung statt:

$$r = r_1 + \frac{d}{2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Bezeichnet man nun noch mit h_0 die auf das specifische Gewicht γ des Gewölbmaterials reducirte Belastungshöhe, welche die Uebermauerung, Fahr-

*) S. Heinzerling. Die Brücken der Gegenwart, II. Abtheilung, sowie dessen Aufsatz in der Zeitschrift für Bauwesen, 1869 u. 1872.

bahn und Verkehrslast repräsentirt, so hat man die Scheitelbelastungshöhe

$$z_0 = d + h_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

zu setzen. Kennt man nun für irgend ein Gewölbe den Scheitelhalbmesser r_1 der inneren Wölbung und die Größen d und h_0, so findet man nach obiger Gleichung (1) den Horizontalschub für einen 1 m breiten Gewölbstreifen zu

$$H = \left(r_1 + \frac{d}{2}\right)(d + h_0)\,\gamma \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

und wenn man die specifische Pressung in der Scheitelfuge gleich p, also

$$H = p\,d \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

setzt, so erhält man aus (4) und (5)

$$p = \left(r_1 + \frac{d}{2}\right)\left(1 + \frac{h_0}{d}\right)\gamma, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

und

$$\frac{d^2}{2} + d\left(r_1 + \frac{h_0}{2}\right) + r_1 h_0 = \frac{p}{\gamma}\,d,$$

oder

$$d^2 - 2\,d\left(\frac{p}{\gamma} - r_1 - \frac{h_0}{2}\right) + 2\,r_1 h_0 = 0.$$

Hieraus findet man, wenn p gegeben ist, die erforderliche Gewölbstärke zu

$$d = \frac{p}{\gamma} - r_1 - \frac{h_0}{2} + \sqrt{\left(\frac{p}{\gamma} - r_1 - \frac{h_0}{2}\right)^2 - 2\,r_1 h_0} \quad . \quad (7)$$

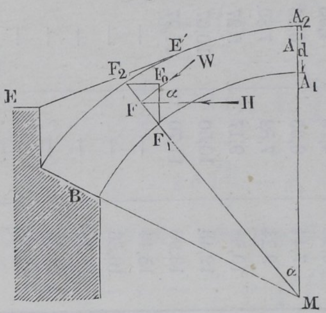
Mittelst der Gleichung (6) sind nun aus stabilen Ausführungen die in der Tabelle unter der Bezeichnung $\frac{p}{10\,000}$ angegebenen specifischen Pressungen in Kilogrammen pro Quadratcentimeter für Straßen und Eisenbahnbrücken aus Haustein ($\gamma = 2500$), Backstein ($\gamma = 2000$) und Bruchstein ($\gamma = 2200$) ermittelt, wobei zu bemerken ist, daß die Scheitelbelastung $h_0 \gamma$ pro Quadratmeter für Straßenbrücken zu 1800 kg und für Eisenbahnbrücken zu 2800 kg angenommen worden ist.

Tabelle der Pressungen in den Schlußsteinen der Brückengewölbe.

Scheitelhalbmesser r_1 der inneren Wölbfläche Meter	Gewölbstärke d im Scheitel			Pressung pro Quadratcentimeter $\frac{p}{10\,000}$ in Kilogrammen					
	Haustein $\gamma = 2500$	Backstein $\gamma = 2000$	Bruchstein $\gamma = 2200$	Straßenbrücken $h_0 \gamma = 1800$ kg			Eisenbahnbrücken $h_0 \gamma = 2800$ kg		
				Haustein	Backstein	Bruchstein	Haustein	Backstein	Bruchstein
5	0,52	0,58	0,64	3,14	2,70	2,70	4,15	3,61	3,50
10	0,64	0,71	0,79	5,48	4,70	4,65	7,10	6,15	5,97
15	0,77	0,85	0,95	7,44	6,35	6,33	9,44	8,16	7,96
20	0,89	0,99	1,10	9,24	7,82	7,89	11,54	9,89	9,75
25	1,02	1,13	1,26	10,88	9,17	9,27	13,38	11,43	11,30
30	1,14	1,26	1,41	12,43	10,50	10,67	15,10	12,93	12,85
35	1,27	1,41	1,57	13,96	11,70	11,97	16,76	14,23	14,25
40	1,39	—	—	15,44	—	—	18,37	—	—
45	1,52	—	—	16,86	—	—	19,87	—	—
50	1,64	—	—	18,28	—	—	21,38	—	—
55	1,77	—	—	19,65	—	—	22,81	—	—
60	1,89	—	—	21,04	—	—	24,26	—	—

Mit Hülfe der aus dieser Tabelle in jedem bestimmt vorliegenden Falle zu entnehmenden Pressung p kann man durch die Gleichung (7) die Stärke d des Gewölbes im Scheitel ermitteln. Wenn man diese Stärke auch für alle übrigen Punkte des Gewölbes beibehalten wollte, so würde offenbar die specifische Pressung des Materials von dem Scheitel nach den Kämpfern hin in derselben Weise wachsen wie der Stützdruck zunimmt. Um eine möglichst gleichmäßige Anstrengung des Materials zu erreichen, ist es daher gerathen, die Stärke des Gewölbes nach den Widerlagern hin entsprechend zu vergrößern. Das Gesetz für diese Verstärkung ist leicht zu erkennen. Es sei AFB, Fig. 86, die Hälfte eines symmetrischen Gewölbes, welches mit Rücksicht auf den Horizontaldruck H eine Scheitelstärke $A_1 A_2 = d$ erhalten hat, und $F_1 F_2$ sei irgend eine Gewölbfuge, welche in F senkrecht zu dem daselbst wirksamen resultirenden Drucke W angeordnet ist, also mit der Verticalen denselben Winkel $\alpha = AMF$ bildet, unter welchem die Stützkraft W gegen den Horizont geneigt ist. Wegen des überall gleichen Horizontalschubes hat man dann

Fig. 86.



$$W \cos\alpha = H$$

oder

$$W = \frac{H}{\cos\alpha},$$

und daher hätte man die Stärke $F_1 F_2$ des Gewölbes in F ebenfalls zu

$$d_1 = \frac{d}{\cos\alpha} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

zu wählen, wenn die specifische Pressung in F denselben Werth $\frac{H}{d} = p$ wie im Scheitel haben soll. Da diese Betrachtung für jede Fuge F gilt, so folgt hieraus das Gesetz, daß man behufs gleichmäßiger Pressung des Gewölbematerials die Gewölbstärke derartig vom Scheitel nach den Kämpfern hin vergrößern muß, daß sämmtliche Lagerfugen wie $F_1 F_2$ dieselbe mit der Scheitelfuge $A_1 A_2 = d$ gleiche Verticalprojection $F_1 F_0 = d_1 \cos\alpha = d$ haben, entsprechend dem für alle Fugen gleichen Horizontaldrucke. In dieser Weise pflegt man vielfach die Verstärkung des Gewölbes vom Scheitel nach den Widerlagern hin vorzunehmen, doch ist leicht einzusehen, daß dies nur bis zu einer gewissen Größe von α praktisch ausführbar sein wird, denn schon für $\alpha = 60^0$ erhält man

$$d_1 = \frac{d}{\frac{1}{2}} = 2\,d,$$

und bei weiterer Zunahme von α würde d_1 sehr schnell wachsen. Man wird aber sowohl aus Schönheitsrücksichten, wie aus Gründen der Ausführung die Stärke d_1 an den Widerlagern niemals größer als höchstens $2\,d$ machen, und pflegt dann wohl, um das Material des Gewölbbogens daselbst nicht zu sehr anzustrengen, die in den Bogenzwickeln aufgeführte Hintermauerung BEE' durch geeignete Anordnung der Fugen zur Aufnahme eines Theils des Gewölbdruckes zu befähigen.

Ueber die für Gewölbe zu wählende Stärke sind auch vielfach empirische, durch die Erfahrung bewährte Regeln, wie z. B. von der Form

$$d = \alpha + \beta r$$

angegeben, worin r der Halbmesser, und α und β gewisse, von dem Materiale und der Belastung der Gewölbe abhängige Constante sind. Auch ist es deutlich, daß bei der Verwendung von Ziegelsteinen zu Gewölben in Gebäuden die Stärken mit Rücksicht auf das übliche Ziegelformat gewählt werden müssen, und daß man dabei mit der Stärke nie unter ein gewisses Maß, etwa die Breite eines Ziegels, herabgehen darf. Hinsichtlich derartiger Vorschriften muß auf die betreffenden Bauhandbücher verwiesen werden.

Beispiel. Wie groß hat man die Gewölbstärke einer Eisenbahnbrücke aus Haustein zu machen, deren innere Wölbung nach einem Kreissegment von $h = 6$ m Pfeilhöhe und $2\,l = 25$ m Spannweite ausgeführt ist, wenn das specifische Gewicht des Gewölbematerials $\gamma = 2400$ kg ist, und die durch die Fahrbahn und Verkehrslast dargestellte Scheitelbelastung einer Höhe von $h_0 = 1{,}5$ m entspricht.

Man findet hier den Halbmesser r_1 der inneren Wölbung aus

$$l^2 = h\,(2\,r_1 - h)$$

zu

$$r_1 = \frac{l^2 + h^2}{2\,h} = \frac{12{,}5^2 + 36}{2\,.\,6} = 16{,}02\ \mathrm{m}$$

und kann demnach der obigen Tabelle zufolge

$$\frac{p}{10\,000} = 9{,}44 + \frac{1{,}02}{5}\,(11{,}54 - 9{,}44) = 9{,}87,$$

also $p = 98\,700$ kg pro Quadratmeter annehmen; demnach hat man

$$\frac{p}{\gamma} - r_1 - \frac{h_0}{2} = \frac{98\,700}{2\,400} - 16{,}02 - 0{,}75 = 24{,}35$$

und nach (7) die Scheitelstärke

$$d = 24{,}35 - \sqrt{24{,}35^2 - 2\,.\,16{,}02\,.\,1{,}5} = 24{,}35 - 23{,}34 = 1\ \mathrm{m}.$$

Die Fuge am Kämpfer ist gegen die Verticale unter einem Winkel α geneigt, für welchen

$$\cos\alpha = \frac{r - h}{r} = \frac{16{,}02 - 6}{16{,}02} = 0{,}667$$

ist, woraus $\alpha = 48^0\,10'$ folgt. Soll daher die specifische Pressung in dieser Fuge gleich der im Scheitel sein, so hat man daselbst die Gewölbdicke gleich

$$d_1 = \frac{d}{\cos\alpha} = \frac{d}{0{,}667} = 1{,}5 = 1{,}5\,\mathrm{m}$$

zu machen.

§. 28. **Die Widerlager.** Das in den vorhergehenden Parapraphen besprochene Verhalten der Gewölbe findet nur dann statt, wenn die Gewölbe mit ihren Anfängen sich beiderseits gegen feste, nicht nachgiebige Widerlager stemmen, welche unter dem Einfluße der in den Kämpfern zur Wirkung kommenden Druckkräfte nicht zur Seite gedrängt werden. Nur in seltenen Fällen werden solche Festpunkte, wie etwa durch Felsen gebildet, von vornherein gegeben sein, im Allgemeinen wird man die Widerlager durch Ausführung hinreichend massiger Mauerkörper herstellen müssen. Die Stabilität eines solchen Widerlagskörpers ist nur durch ein genügend großes Eigengewicht desselben zu erzielen, welches, mit dem Gewölbschube W gegen die Kämpferfuge zusammen eine Mittelkraft giebt, die nirgends aus dem Widerlager heraustritt, und welche für keine Lagerfuge von deren Normalen um einen Winkel abweicht, der den Betrag des zugehörigen Reibungswinkels daselbst erreicht. Es gelten somit für die Stabilität der Widerlager dieselben Regeln, welche im ersten Capitel für Futtermauern aufgestellt sind, von welchen letzteren hinsichtlich der Wirkung der Kräfte die Widerlager sich nur insofern unterscheiden, als der auf dieselben seitwärts ausgeübte Gewölbeschub in der Kämpferfuge concentrirt ist, während die Futtermauern durch den auf eine größere Fläche vertheilten Erddruck seitlich angegriffen werden. Nach dem über die Futtermauern Gesagten ist daher die Prüfung der Widerstandsfähigkeit der Widerlager unschwer zu bewirken, und es muß bei ihnen wie bei den Futtermauern nicht nur eine genügende Sicherheit gegen das Umkanten sowie gegen das Verschieben vorhanden sein, sondern das Material darf auch nicht über einen gewissen Betrag auf Druck beansprucht werden.

Um die Stabilität eines Widerlagers durch Rechnung zu prüfen, bezw. seine Dimensionen zu ermitteln, sei AB, Fig. 87, die Stützlinie eines halben Tonnengewölbes von der halben Spannweite $BM_0 = l$, dessen Belastungslinie durch MN gegeben sei. Die Pfeilhöhe $M_0 A$ der Stützlinie sei durch f bezeichnet, und der Angriffspunkt B im Kämpfer liege um $BC_1 = h_1$ über der als unwandelbar anzunehmenden Grundfläche $D_1 C_1$ des Widerlagers, welches als ein parallelepipedischer Mauerklotz von der Breite $DB = b$ bis zu einer Höhe $BC_2 = h_2$ über dem Kämpferangriffe B aufgeführt sein soll. Das specifische Gewicht des Widerlagers, welches meist gleich demjenigen des Gewölbmaterials angenommen werden kann, sei