



Wände und Wand-Oeffnungen

Marx, Erwin

Darmstadt, 1891

1) Geringste Wandstärken.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78833](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78833)

wiederholt abforbirt werden müffen, wodurch die Wirkfamkeit von Wänden mit Lufthohlraum zu erklären fein dürfte.

Als zweckentsprechend dürften demnach bis auf Weiteres Wände mit Hohlraum, ohne Verbindung der zwei oder drei fie zufammenfetzenden, nicht zu dünnen Schalen, hergefellt aus dichten Steinen mit dichtem Mörtel und bekleidet mit dichten Ueberzügen, zu bezeichnen fein. Oeffnungen in folchen Wänden find zu vermeiden, und unumgänglich nöthige Thüröffnungen mit doppelten, gut gedichteten und gepolfterten Thüren zu verfchließen.

Der Schallfortpflanzung günftig find jedenfalls aus dem einen Raume in den anderen reichende Theile der Decken-Constructions. Der Zusammenhang der zu ifolirenden Räume durch Balken oder Träger ift daher zu umgehen.

II. Kapitel.

Wandfärken und -Verfärkungen.

a) Wandfärken.

Die den Wänden der Hochbauten zu gebende Dicke ift von mancherlei Umständen abhängig, von denen folgende die wichtigften fein dürften: Möglichkeit der Ausführung in einem gegebenen Material, Gefchicklichkeit und Sorgfalt der Maurer, Rückficht auf die Witterungseinflüffe und auf die Auflagerung der Gebälke und Gefimfe, Beanspruchung auf Druckfestigkeit und Standficherheit, Rückficht auf die beabfichtigte Dauer des Gebäudes, baupolizeiliche Vorfchriften.

296.
Vorbemerkung.

In Folgendem wird nur die Dicke der Wände von Stein und verwandten Stoffen zur Erörterung gelangen, da wegen der übrigen Materialien fchon in den vorhergehenden Kapiteln das Nöthige mitgetheilt worden ift; auch foll nur von folchen Mauern die Rede fein, die keinen Seitenschub von anderen Constructions erleiden.

1) Geringfte Wandfärken.

Die geringfte Dicke, welche einer Mauer ohne Rückficht auf andere Bedingungen gegeben werden kann, ift von der Gefalt und Gröfse der Steine, fo wie von der Art des Bindemittels abhängig, alfo von der Möglichkeit der Ausführung bei gegebenem Stoffe.

297.
Möglichkeit
der
Ausführung.

Eine Mauer wird im Allgemeinen um fo fefter fein, je regelmässiger die Steine, je beffer fie gelagert, je fchwerer fie im Einzelnen find und je regelrechter der Verband ift, weil dann um fo weniger leicht Verfchiebungen einzelner Steine eintreten können. Die günftigfte Lage der Steine in der Mauer muß die flache fein, weil dann die Gefahr des Umkantens derfelben wegfällt.

Für Mauern aus Backfteinen und anderen ähnlich geformten künstlichen Steinen wird daher als geringfte zweckmäßige Dicke die von $\frac{1}{2}$ Stein zu gelten haben. Die Stärke von $\frac{1}{4}$ Stein kommt zwar auch vor; aber fie bedarf immer befonderer Verfärkungen, zu denen auch die Ständer und Riegel der Fachwerkwände gerechnet werden müffen, und läßt fich auch dann nur bei fehr befchränkter Flächenausdehnung der Gefache anwenden.

Als geringste Stärke von Quadermauern wird man 30 bis 40 cm annehmen müssen, wenn man mit derselben nicht unter die Schichtenhöhe herabgehen will. Die dünneren Plattenwände bedürfen besonderer Verstärkungen.

Mauern aus Schichtsteinen sind mindestens 17 bis 20 cm, solche aus lagerhaften Bruchsteinen 40 cm und solche aus unregelmäßigen Bruchsteinen 50 bis 60 cm stark zu machen. Bei den beiden letzteren Mauerwerksgattungen wird man nur bei ganz vorzüglicher Arbeit und geeigneten Steinen etwas unter die angegebenen Maße herabgehen können; bedeutendere Verringerungen sind bei Anwendung von Cement-Mörtel möglich.

Die Zugfestigkeit des Cement-Mörtels gestattet auch, Betonmauern in geringen Dicken auszuführen; doch scheint man es selbst bei Scheidewänden aus diesem Material zweckmäßig zu finden, nicht unter 15 bis 20 cm zu gehen. Bei den durch Eiseneinlagen verstärkten *Monier*-Wänden kann man dagegen die Dicke bis zu 3 cm und bei den mit Kalk-Gypsmörtel aufgeführten *Rabitz*-Wänden auf 5 cm herabsetzen.

Die geringste Stärke von Kalksand-Stampfmauern ist nach *Engel*⁶⁸⁴⁾ bei Luftkalk 31,4 cm (= 1 Fuß preuss.), von Erd- und Lehm-Stampfmauern eben so⁶⁸⁵⁾, von Afche-Stampfmauern 19 bis 23 cm⁶⁸⁶⁾.

Die für einen gegebenen Fall zu wählenden geringsten Mauerdicken sind außer vom Steinmaterial und Mörtel auch von der Geschicklichkeit und Sorgfalt der Maurer abhängig. In Gegenden, wo der Backsteinbau vorherrscht, haben die Maurer häufig eine solche Übung, daß sie mit einer Wand von geringer Stärke dieselbe Widerstandsfähigkeit erreichen können, welche bei Voraussetzung gleicher Beanspruchungen anderwärts nur mit etwas größerer Mauerdicke zu ermöglichen ist. Umgekehrt werden die vorzugsweise mit Herstellung von Bruchsteinmauerwerk beschäftigten Maurer den Backsteimauern in ihrem Material in der Regel überlegen sein und dadurch die Bestimmung der geringsten Dicken von Bruchsteinmauern beeinflussen.

In besonderem Maße ist die Geschicklichkeit und Übung der Arbeiter bei der Ausführung von Cement-Mauerwerken und Betonbauten zu berücksichtigen.

Bei der Erwägung, welche Dicke eine Mauer unter gleichen äußeren Umständen bei Verwendung eines gegebenen Materials im Vergleich zu anderen zu erhalten hat, werden die im Eingang des vorhergehenden Artikels erwähnten Eigenschaften derselben, so wie die Festigkeit des Bindemittels entscheidend sein; namentlich wird dabei die gleichmäßige Vertheilung des Mörtels eine Rolle spielen⁶⁸⁷⁾. Gewöhnlich werden für den Vergleich zwischen den verschiedenen Materialien die folgenden, auf Erfahrungen beruhenden Angaben für mittlere Güte der Ausführung angegeben, wobei die Dicke einer Backsteinmauer als Einheit angenommen ist.

Mauern aus Backsteinen	= 1
» » rein bearbeiteten Quadern	= $\frac{5}{8} - \frac{3}{4}$
» » Schichtsteinen	= 1
» » Cement-Beton	= 1
» » lagerhaften Bruchsteinen	= $1\frac{1}{4}$

⁶⁸⁴⁾ Siehe: Der Kalk-Sand-Pfebbau. Berlin 1864. S. 69.

⁶⁸⁵⁾ Siehe: ENGEL, F. Die Bauausführung. Berlin 1881. S. 242. — SCHÜLER, F. K. Ueber Pfebbau. Salzenburg 1866. S. 21.

⁶⁸⁶⁾ Siehe: BERNDT, C. Der Afche- und Erd-Stampfbau. 2. Aufl. Leipzig 1875. S. 19.

⁶⁸⁷⁾ Ueber die Einflüsse der Eigenschaften der Steine und Mörtel auf die Festigkeit der Mauern vergl. Theil III, Bd. 1 (Abschn. 1: Constructions-Elemente in Stein) dieses »Handbuches«.

298.
Vergleich
zwischen den
Materialien.

Mauern aus Kalksand-Stampfmaße	= $1\frac{1}{4}$
» » unregelmäßigen Bruchsteinen	= $1\frac{3}{4}$
» » Lehmsteinen	= $1\frac{3}{4}$
» » Erd- oder Lehm-Stampfmaße	= 2

Diese Zahlen können nur Näherungswerte geben und je nach der Güte der Ausführung Veränderungen erfahren; auch werden durch dieselben die im vorhergehenden Artikel angegebenen geringsten Masse nicht beseitigt.

Dafs man die Dicke von Backsteinmauern für den Vergleich als Einheit nimmt, ist in der großen Verbreitung derselben und im geregelten Format der Backsteine begründet. Man findet daher häufig die Mauerdicken für gewöhnliche Hochbauten in Backsteinlängen angegeben und ist gewöhnt, dieselben nach obigen Verhältniszahlen für andere Materialien umzurechnen, obgleich diese aufgestellt wurden, als es noch kein deutsches Normal-Ziegelformat gab und die verschiedensten Abmessungen im Gebrauch waren.

Das geregelte Format der Backsteine läßt, wie schon im vorhergehenden Bande (Abschn. 1: Constructions-Elemente in Stein) dieses »Handbuches« ausgeführt wurde, die Ausführung von Backsteinmauern nur in Abstufungen von $\frac{1}{2}$ Stein zu und ergibt beim deutschen Normal-Ziegelformat die rechnermäßigen Dicken für $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$ u. f. w. Stein starke Mauern zu 12, 25, 38, 51, 64 cm u. f. w., welche gewöhnlich auch bei Planungen, Kostenanschlägen und Abrechnungen zu Grunde gelegt werden. Zu beachten ist jedoch, dafs in Folge von Ungenauigkeiten in der Formgebung und von zu schwachem Brand der Steine die Mauern um wenigstens 1 cm stärker, also 13, 26, 39, 52, 65 cm u. f. w. ausfallen.

Von Einfluß auf die geringste Dicke, die man einer Umfassungsmauer geben darf, ist die Rücksicht auf genügenden Schutz gegen die Witterung, also gegen Durchschlagen der Feuchtigkeit und gegen raschen Wärmewechsel in den umschlossenen Räumen, die aber bei Wohngebäuden auch leicht und möglichst billig heizbar und lüftbar sein sollen.

Durch die Mauerdicke hindurchreichende Steine, Durchbinder, begünstigen sowohl das Durchschlagen der Feuchtigkeit, als auch den raschen Wärmewechsel und den Niederschlag von Feuchtigkeit auf der Innenseite. Man wird daher 1 Stein starke Backsteinmauern, auch wenn sie beiderseits geputzt und aus gut gebrannten Steinen, welche als das der Gesundheit zuträglichste Material für Umfassungsmauern gelten, hergestellt sind, für nicht ausreichend erachten können, da sie entweder ganz oder zur Hälfte aus Durchbindern bestehen.

Größere Sicherheit gewähren Mauern von $1\frac{1}{2}$ Stein Dicke, weil diese keine Durchbinder enthalten; aber auch diese müssen in den Fugen voll gemauert sein, wenn sie genügenden Schutz gewähren sollen. Die zur möglichsten Erreichung desselben in Anwendung kommenden Mittel, wie Anordnung von Hohlräumen oder Verwendung von Hohlsteinen sind theils schon in Kap. 2 besprochen worden; theils werden sie im nächsten Kapitel zur Erörterung gelangen. Die Dicke von $1\frac{1}{2}$ Stein ist diejenige, die zumeist als die geringste für die Umfassungswände von oberen Geschossen oder von einstöckigen Gebäuden empfohlen wird; doch kann nicht bestritten werden, dafs bei sorgfältiger Ausführung und bei Verwendung guter äußerer und bezw. innerer Schutzbekleidungen, wenigstens an den Wetterseiten, auch die Stärke von 1 Stein oder gar $\frac{1}{2}$ Stein genügen kann, wenn die Rücksicht auf Standfähigkeit und Belastung dies zuläßt.

299.
Einfluß
des Formates.

300.
Rücksicht
auf
Witterungs-
einflüsse.

Die Wahl von 1 Stein Stärke für die schwächsten Umfassungsmauern von Maffivbauten wird mitunter mit dem Hinweis auf die Fachwerkgebäude befürwortet, welche zumeist nur mit $\frac{1}{2}$ Stein starker Fachausmauerung versehen seien. Man übersieht dabei, daß auch diese nur dann einen behaglichen und der Gefundheit zuträglichen Aufenthalt gewähren, wenn sie bei freier Lage wenigstens an den Wetterseiten mit den erwähnten Schutzbekleidungen versehen sind.

Für Betonwände hat die Erfahrung gezeigt, daß als geringste den Witterungseinflüssen gegenüber genügende Stärke 25 bis 30 cm anzunehmen ist, wobei sehr sorgfältige Ausführung und äußerer Putz mit Portland-Cement-Mörtel vorausgesetzt werden muß (vergl. Art. 141, S. 142).

Erscheint es nach dem Vorhergehenden zweckmäßig, in der Dicke von Umfassungsmauern nicht unter $1\frac{1}{2}$ Stein, höchstens bis auf 1 Stein herabzugehen, so würde es andererseits für die Heizung und Lüftung unvorteilhaft sein, viel stärkere Mauern im obersten Wohngefchofs eines Gebäudes in Anwendung zu bringen, da die statischen Rücksichten ohnedies schon eine Verstärkung in den unteren Stockwerken erheischen.

Nach einer rechnerischen Untersuchung von *Weiss*⁶⁸⁸) ist die Mauerdicke verhältnismäßig klein zu wählen. Bei Anwendung von gewöhnlichen Oefen oder sonstigen billig zu beschaffenden Heizvorrichtungen sollte sie nicht größer, als 1,0 bis 1,5 Fufs (1 Fufs fäch. = 0,288 m), bei Anwendung kostspieligerer Heizsysteme, wie Warmwasser- oder Dampf-Heizapparaten, nicht größer als 1,5 bis 2,0 Fufs genommen werden. Es stimmt dies annähernd mit den oben gemachten Angaben.

301.
Auflagerung
von
Hauptgesimfen.

Auf die Bestimmung der geringsten Dicke der Umfassungsmauer im obersten Wohngefchofs, bezw. im Kniestock kann aufer der Rücksicht auf Witterungseinflüsse auch die auf die Auflagerung von Hauptgesimfen aus Hauftein oder Terracotta zur Geltung kommen müssen. Die Ausladung und Auflager derselben müssen in einem die Sicherheit gewährleistenden Verhältniß stehen. Für das Auflager muß entweder die Mauer als Unterstützung dienen, oder sie wird wohl auch als Gegengewicht mit zum Tragen der Ausladung herangezogen, so daß ihre Dicke von der Construction der Gesimfe, die im nächst folgenden Hefte (unter D) dieses »Handbuches« zur Besprechung gelangt, abhängig ist. Bestimmte Maße lassen sich daher hier nicht angeben; immerhin läßt sich aber so viel sagen, daß aus Rücksicht auf Steingesimfe von einigermaßen erheblicher Ausladung selten eine Mauerdicke unter $1\frac{1}{2}$ Stein wird angenommen werden können.

302.
Auflagerung
der
Gebälke.

Ist die Rücksicht auf Schutz gegen Witterungseinflüsse, namentlich für die Bestimmung der Mauerdicke im obersten Wohngefchofs eines Gebäudes, maßgebend, so werden aufer den noch zu besprechenden statischen Erwägungen meistens die Rücksichten auf die Auflagerung der Zwischengebälke zu einer Vergrößerung der Dicke in den unteren Stockwerken führen. Ob diese Verstärkung in allen Stockwerken oder nur in einzelnen derselben stattzufinden hat, ist davon abhängig, ob die Balkenköpfe ganz oder theilweise oder gar nicht eingemauert werden sollen und ob Mauerlatten zur Anwendung kommen. Für letztere sind immer aus Rücksicht auf dauernde Erhaltung des Holzes Mauerabfätze anzuordnen, wenn nicht andere bei der Besprechung der Balkenlagen (siehe Theil III, Band 2, Hefte 3 dieses »Handbuches«) zu erörternde Mittel für freie Lagerung derselben vor den Wänden benutzt werden. Solche Mauerabfätze bemißt man gewöhnlich zu $\frac{1}{2}$ Stein.

Die freie Lage der hölzernen Mauerlatten ist mitunter Gegenstand baupolizeilicher Bestimmung. So verfügt die Ausführungsverordnung zur allgemeinen Bauordnung für das Großherzogthum Hessen vom 30. April 1881 in §. 63: »Hölzerne Mauerlatten dürfen mit ihrer Breite nirgends in Mauern des oberen

688) Die vortheilhafteste Wanddicke der Gebäude. Allg. Bauz. 1868—69, S. 57

Stocks einspringen, bezw. eingemauert werden; sie sind entweder auf Tragsteine oder sonstige Unterstüttungen vor die Mauern zu legen, oder es sind die Mauern für das Auflagern der hölzernen Mauerlatten mit geeigneten Abfätzen zu versehen.»

Die Tragmauern eines Gebäudes werden in lothrechter Richtung durch die Stockwerksgebälke und die diesen aufgebürdeten Lasten, so wie durch das Gewicht des Daches in Anspruch genommen. Vermehrt wird dieser Druck durch das Eigengewicht des Mauerwerkes, so dass im Allgemeinen die unterste Schicht der Mauer bei gleich bleibender Stärke am meisten beansprucht sein wird.

303.
Beanspruchung
auf Druck.

In Folge des Vorhandenseins von Oeffnungen in der Mauer könnte der größte Druck in einer höher gelegenen, durch die Oeffnungen begrenzten Schicht stattfinden. Dies wird jedoch sehr selten vorkommen, da den Oeffnungen in der Regel bis zum Boden reichende Nischen entsprechen und die verbleibenden dünnen Brüstungsmauern nur sehr wenig an der Druckvertheilung theilnehmen werden.

Es ist nicht ausgeschlossen, dass bei starken Belastungen oberer Stockwerksgebälke die zunächst unter diesen liegenden Höhenabschnitte der Mauern stärker auf Druck für die Flächeneinheit beansprucht sind, als die unter ihnen stehenden verstärkten.

Dieser Druck muss vom Mauerwerk mit Sicherheit getragen werden können, mag er nun auf der Aufstandsfläche gleichmäÙig oder ungleichmäÙig vertheilt sein, und man stellt deshalb von den betreffenden Druckfestigkeits-Zahlen nur $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{10}$ in Rechnung, wobei als solche die des Mauerwerkes und nicht die des Steinmaterials zu benutzen sind, da erstere in der Regel kleiner, als letztere sein werden.

Die von *Böhme* aufgestellten Tabellen über die zulässige Beanspruchung von Mauerwerkskörpern auf Druck sind im vorhergehenden Bande (S. 75 u. 76) dieses »Handbuches« mitgetheilt worden. Es mögen hier noch einige Angaben aus anderen Quellen folgen.

Aus den vom österreichischen Ingenieur- und Architekten-Verein aufgestellten und vom Wiener Stadtbauamte zum Amtsgebrauch angenommenen »Normen für die Berechnung der Belastung und Inanspruchnahme von Baumaterialien und Bau-Con-structionen«⁶⁸⁹⁾ sind die folgenden zwei Tabellen entnommen, die zwar zunächst für die Wiener Verhältnisse Geltung haben, immerhin aber für die Beurtheilung von zulässigen Beanspruchungen auf Druck auch an anderen Orten von Werth sind.

Zulässige Beanspruchung

bei Quadermauerwerk, einzelnen Werkstücken, steinernen Säulen und Pfeilern.

Steingattungen		Mauerwerk-Classen		
		A	B	C
1.	Granit und Porphyr	50	40	20
2.	Harte Steine: Mühlendorfer, Mannersdorfer, Sommereiner, Istrianer, harter Kaifer- stein, Hundsheimer, Wöllersdorfer, Karftmarmor, Badener, Linda- brunner, Oszloper, Almáfer	25	20	—
3.	Mittelharte Steine: Mittelharter Groisbacher, mittelharter Margarethner, mittelharter Kaiferstein, Joyfer, Mokritzer, Zogelsdorfer	15	10	—
4.	Weiche Steine: Stoizinger, Loretto, Breitenbrunner, weicher Groisbacher, weicher Margarethner	7,5	—	—
		Kilogr. für 1 qm		

689) Siehe: Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1889, S. 1.

Hierin bedeuten:

- A. Geschlossene stärkere Quadermauern, einzelne Unterlagssteine, Widerlager, Bogensteine und sonstige Werkstücke, ferner stärkere Tragpfeiler und Säulen, deren kleinste Querschnittsabmessung mindestens $\frac{1}{8}$ der Höhe beträgt.
- B. Stark unterarbeitete und exponirte Werksteine, ferner Säulen und dünnere Tragpfeiler, deren kleinste Querschnittsabmessung $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ der Höhe beträgt.
- C. Ganz dünne Säulen und Tragpfeiler, deren Durchmesser, bzw. kleinste Querschnittsabmessung weniger als $\frac{1}{12}$ der Höhe beträgt, unter Nachweis geeigneter Detail-Construction.

Zulässige Beanspruchung auf Druck
bei reinem und gemischtem Ziegel- und Bruchsteinmauerwerk.

Mauerwerksgattung		Mauerwerk-Claffen		
		A	B	C
1.	Ziegelmauerwerk mit Weiskalkmörtel	5	2,5	—
2.	Ziegelmauerwerk mit Cement-Kalkmörtel	7,5	5	—
3.	Ziegelmauerwerk mit Portland-Cement-Mörtel	10	7,5	5
4.	Bruchsteinmauerwerk oder gemischtes Mauerwerk mit Weiskalkmörtel	4	—	—
5.	Bruchsteinmauerwerk oder gemischtes Mauerwerk mit Cement-Kalkmörtel	5	—	—
6.	Mauerwerk aus geschlemmten Ziegeln mit Cement-Kalkmörtel	9	8	7,5
7.	Mauerwerk aus geschlemmten Ziegeln mit Portland-Cement-Mörtel	12	10	8
8.	Klinker mit Portland-Cement-Mörtel	15	12	10
9.	Beton aus Cement-Kalkmörtel	7	—	—
		Kilogr. für 1 qcm		

Hierin bedeuten:

- A. Mauern nicht unter 45 cm stark und Tragpfeiler, deren kleinste Querschnittsabmessung mindestens $\frac{1}{6}$ der Höhe beträgt.
- B. Mauern unter 45 cm stark und Tragpfeiler, deren kleinste Querschnittsabmessung nur $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Höhe beträgt.
- C. Pfeiler, deren kleinste Querschnittsabmessung nur $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ der Höhe beträgt.

Die letztere Tabelle zeigt, daß die zulässigen Beanspruchungen in Wien zumeist niedriger sind, als die Angaben von *Böhme* und als die Bestimmungen des Berliner Polizei-Präsidiums.

Nach *Bauschinger's* Versuchen⁶⁹⁰) betrug die Druckfestigkeit von Würfeln aus

- 1) Ziegelmauerwerk mit Mörtel aus 1 Theil Perlmooser Portland-Cement und 3 Theilen feinerem Ifarfand bei 818 qcm Querschnitt: 95 kg für 1 qcm;
- 2) Ziegelmauerwerk mit Mörtel aus 1 Theil Perlmooser hydraulischem Kalk und 3 Theilen feinerem Ifarfand bei 812 qcm Querschnitt: 61 kg für 1 qcm;
- 3) Ziegelmauerwerk aus gewöhnlichem Luftmörtel von 1 Theil Kalk und 3 Theilen feinerem Ifarfand bei 808 qcm Querschnitt: 51 kg für 1 qcm.

Nach den Versuchen von *G. Sacheri*⁶⁹¹) an 11 Monate alten Mauerwerkskörpern aus Turiner Backsteinen und Kalkmörtel von 6 Schichten Höhe betrug die Druckfestigkeit

- 1) bei 0,35 qm Querschnitt: 64,76 kg für 1 qcm
- 2) » 0,46 » » 80,64 » » »
- 3) » 0,64 » » 90,41 » » »

Bei diesen Beanspruchungen war noch keine vollständige Zerstörung der Mauerwerkskörper eingetreten; dieselben zeigten aber an allen Seiten Risse und Spalten. Diese Versuche ergeben die Zunahme der Festigkeit mit der Querschnittsfläche.

⁶⁹⁰) Siehe: Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. polytechnischen Schule in München. München 1873. Heft 1, S. 8.

⁶⁹¹) Siehe: *La semaine des constr.*, Jahrg. 10 (1885-86), S. 150.

Blomfield und Kirkaldy & Son⁶⁹²⁾ versuchten Rundpfeiler, welche äusserlich aus Backsteinen, im Kern aus Beton bestanden und $0,914\text{ m}$ (12 Schichten) hoch und $0,61\text{ m}$ stark waren, zu zerdrücken. Es gelang dies zwar nicht ganz; aber die Backsteine in 2 solchen Pfeilern wurden bei $97,5\text{ kg}$, bzw. $98,7\text{ kg}$ Belastung für 1 qcm zerbrochen. Der Querschnitt betrug 2916 qcm , wovon etwa $1135,4\text{ qcm}$ auf den Beton und $1780,6\text{ qcm}$ auf die Backsteine entfielen. Das Backsteinmauerwerk für sich allein wurde im Mittel bei $164,7\text{ kg}$ Druck auf 1 qcm vollständig zerstört, und Betonwürfel von derselben Zusammenfassung (1 Theil Cement auf 3 Theile Kies), wie in den Pfeilern, und von $0,305\text{ m}$ Seitenlänge im Mittel bei $132,9\text{ kg}$ Druck für 1 qcm .

Mit grosser Sorgfalt und in möglichstem Anschluss an die Verhältnisse der Ausführung sind Untersuchungen über die Druckfestigkeit von Mauerwerkskörpern aus Bruchstein und Portland-Cement-Kalkmörtel für die Brückenbauten der bayerischen Bahnlinie Stockheim-Ludwigstadt-Landesgrenze im mechanisch-technischen Laboratorium der technischen Hochschule zu München angestellt worden⁶⁹³⁾. Leider konnten die Probekörper wegen Mangels an genügender Druckkraft nur in geringer Grösse hergestellt werden. Sie waren Würfel von 15 cm Kantenlänge, bestehend aus je 3 Schichten von 4 cm starken Thonschiefersteinen mit je 2 etwa $1,5\text{ cm}$ dicken Mörtelfugen, befasen aber, wie es scheint, keine Stosfugen. Die Mörtelmischung war

- 1) 5 Theile Portland-Cement, $1,25$ Theile Kalk und $12,5$ Theile Sand;
- 2) 5 Theile Portland-Cement, $1,25$ Theile Kalk und 15 Theile Sand.

Die Durchschnittsergebnisse der Versuche waren folgende:

Erhärtungszeit	Mörtel-Mischung	Auftreten von Rissen	Zerdrücken des Körpers
5 Wochen	1	180 bis 290	260 bis 340
	2	180	230
3 Monate	1	180 bis 210	270 bis 285
	2	185	320
1 Jahr	1	220 bis 230	310 bis 350
	2	130 bis 180	260 bis 280

Kilogr. Druck für 1 qcm

Es wird hieraus geschlossen, dass man in Bruchsteinmauerwerk aus festem Gestein mit gutem Portland-Cement-Mörtel unbedenklich Druckspannungen von 20 bis 30 kg auf 1 qcm zulassen darf, da man hierbei, gute Arbeit vorausgesetzt, immer noch auf eine 8- bis 10-fache Sicherheit rechnen kann.

Bei derselben Gelegenheit wurde auch die Druckfestigkeit von Betonwürfeln von 15 cm Seitenlänge untersucht. Der Beton wurde in die Formen theils nur mit dem nöthigsten Wasserzusatz eingestampft, theils mit Wasserüberschuss nur eingefüllt. Die Normenprobe des Portland-Cementes ergab nach 7 Tagen 11 kg Zugfestigkeit auf 1 qcm . Der Kies war Mainkies mit einem Einheitsgewichte von $1,862$ und $23,9$ Procent Hohlräumen; er enthielt $63,7$ Gewichts-Procente Kies und $36,3$ Gewichts-Procente Sand, und wurde so, wie er dem Main entnommen war, dem Cement beigemischt. Die Prüfung auf Druckfestigkeit erfolgte

- 1) bei einem Theile der Würfel nach 33 Tagen,
- 2) beim anderen nach 84 Tagen und ergab für:

⁶⁹²⁾ Siehe: *Builder*, Bd. 53, S. 579.

⁶⁹³⁾ Siehe: *Wochbl. f. Baukde.* 1887, S. 336. — Vergl. auch: *Deutsche Bauz.* 1889, S. 142.

Mischungs-Verhältniß	1 : 4		1 : 6		1 : 8 (Raumtheile)		
	1	2	1	2	1	2	
Erhärtung nach							
Würfel { eingestampft	191	266	102	107	31	41	} Kilogr. Druckfestigkeit auf 1 qcm
{ nicht eingestampft	109	118	35	92	28	40	

Die Ursache der auffallend geringen Druckfestigkeit der nicht eingestampften Betonmischung von 1 : 6 bei 33-tägiger Erhärtung konnte nicht festgestellt werden. Bemerkenswerth ist auch der große Einfluss des Einstampfens bei der Mischung 1 : 4 und der verschwindend kleine bei der Mischung 1 : 8.

Zu einem im Jahre 1876 durch die Stuttgarter Cement-Fabrik in Blaubeuren bei Ulm in Beton errichteten achteckigen Fabrikschornstein wurde für die Gründung eine Mischung von 1 Theil Portland-Cement, 2 Theilen Roman-Cement und 14 Theilen Kiesand und Steine, für den Achteckbau eine solche aus 1 Theil Portland-Cement, 1 Theil Roman-Cement und 8 Theilen Kiesand verwendet. Probewürfel ergaben eine Druckfestigkeit von 15 kg nach 6 Tagen und 52 kg auf 1 qcm nach 26 Tagen für den Gründungs-Beton, 18 kg nach 6 Tagen und 59 kg auf 1 qcm nach 26 Tagen für den Achteck-Beton⁶⁹⁴).

Nach einem Gutachten des Holzmindener Zweigvereins des Architekten- und Ingenieur-Vereins für das Herzogthum Braunschweig soll für ein gewöhnliches 4 Stock hohes Gebäude, da dessen Belastung in den unteren Schichten der lothrechten Mauern meistens unter 5 kg auf 1 qcm bleibt, für den Beton ein Mörtel zulässig erscheinen, welcher nach vier Wochen 25 kg Druckfestigkeit hat, oder, da erfahrungsgemäß dann die Druckfestigkeit das 7-fache der Zugfestigkeit betragen soll, ein solcher, welcher 3,5 kg Zugfestigkeit auf 1 qcm hat. Bei Portland-Cementen mittlerer Güte wird diese Festigkeit bei einem Zusatz von 6 Theilen Sand auf 1 Theil Cement erreicht, bei besonders guten Cementforten mit dem Verhältniß 10 : 1⁶⁹⁵).

Gewöhnlich wird mit größerer Sicherheit gerechnet.

Aus dem Eigengewicht einer Mauer allein läßt sich die erforderliche Dicke derselben nicht berechnen; es läßt sich nur untersuchen, wie hoch eine Mauer sein müßte, damit die unterste Schicht derselben unter der Last des Eigengewichtes zerdrückt würde, oder bei welcher Höhe die zulässige Beanspruchung auf Druck nicht überschritten werden würde.

Beispielsweise kann man eine Backsteinmauer, von der 1 cbm 1600 kg wiegt, 50 m hoch machen, ohne daß die zulässige Belastung von 8 kg auf 1 qcm überstiegen wird.

Als Folgerung ergibt sich hieraus, daß man hohe Bauwerke, wie Thürme, in den unteren Theilen aus entsprechend druckfestem Material herstellen muß.

Bei der Berechnung der größten Höhe, welche eine frei stehende Mauer erhalten kann, kommen die Schubfestigkeit des Mörtels und die Reibung in Betracht⁶⁹⁶).

Eine Berechnung der Mauerdicke nach der Druckfestigkeit kann nur stattfinden, wenn außer dem Eigengewichte noch andere Belastungen vorhanden sind. Diese müssen lothrecht in der Schweraxe des Mauerkörpers von wagrechter Schichtung wirken, wenn der Druck auf die Aufstandsfläche gleichmäßig vertheilt sein soll.

Ist P eine solche Last, G das Eigengewicht der Mauer von rechteckigem Querschnitt, F die Fläche einer Lagerfuge, h die Höhe der Mauer, l die Länge und d die Dicke derselben, γ das Eigengewicht der Raumeinheit und k die zulässige Druckbeanspruchung für die Flächeneinheit, so ist

⁶⁹⁴) Nach: Deutsche Bauz. 1884, S. 530 — und: Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 531.

⁶⁹⁵) Siehe: Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 548.

⁶⁹⁶) Ueber eine von *Bauschinger* aufgestellte Formel zur Berechnung dieser Höhe siehe: Zeitschr. f. Baukde. 1880, S. 245, 435, 599.

$$Fk = P + G,$$

und da $F = dl$ und $G = dlh\gamma$ ist, so ergibt sich

$$d = \frac{P}{l(k - h\gamma)},$$

und, wenn man $l = 1$ setzt,

$$d = \frac{P}{k - h\gamma}.$$

Viel häufiger ist der Fall, daß die Belastungen der Mauern seitlich von der Schweraxe des Querschnittes derselben (excentrisch) wirken. Die Druckvertheilung ist dann keine gleichmäßige; auch muß die Mittelkraft aus den lothrecht wirkenden Kräften in das mittlere Drittel des Querschnittes, rechteckige Aufstandsfläche vorausgesetzt, fallen, wenn nur Druckspannungen vorhanden sein sollen. Fällt sie außerhalb des mittleren Drittels, bezw. außerhalb der sog. Kernpunkte, so ergeben sich auf der einen Seite Zugspannungen, die das Mauerwerk in erheblichem Mafse nicht aufzunehmen im Stande ist. Dagegen wird jetzt nur noch ein Theil der Lagerfläche auf Druck beansprucht. Wegen der Berechnung der bei ungleichmäßiger Druckvertheilung auftretenden größten Druckspannungen wird auf Theil I, Band 1, zweite Hälfte (2. Aufl., Abschn. 3, Kap. 1) dieses »Handbuches« verwiesen.

Unter der Annahme von blofs lothrecht wirkenden Kräften haben sich auf Grundlage der Bedingungen, daß die Mittelkraft derselben in das mittlere Drittel des Querschnittes fallen und daß die größte Druckspannung die zulässige Grenze nicht übersteigen soll, brauchbare Formeln für die Berechnung der Mauerdicke noch nicht aufstellen lassen⁶⁹⁷⁾. Man wird sich daher darauf beschränken müssen, die nach den vorliegenden Erfahrungen bestimmten Mauerdicken auf die Lage der Mittelkraft und die größten Druckspannungen zu untersuchen und wenn nöthig zu verändern.

Eine solche Untersuchung würde für alle Lagerflächen der Mauer vorzunehmen sein, in welchen Querschnittsveränderungen stattfinden.

Für gewöhnliche Hochbauten sind Berechnungen der Mauerdicke mit Rücksicht auf die Druckfestigkeit des Mauerwerkes übrigens kaum nöthig, da das aus anderen Gründen zu wählende Mafse derselben meist so groß ist, daß die sich ergebende größte Druckspannung unter der zulässigen bleibt. Erschwert wird das Aufstellen von Regeln für die Berechnung durch die Mannigfaltigkeit der Anordnungen, insbesondere durch die Oeffnungen in den Mauern, welche diese häufig in eine Reihe von einzelnen Pfeilern zerlegen, die oft nicht blofs von lothrecht, sondern auch von schräg wirkenden Kräften beansprucht werden. In wichtigeren Fällen dieser Art sind allerdings Untersuchungen über die erforderliche Stärke nothwendig, wegen deren auf den soeben angeführten Halbband dieses »Handbuches«, so wie auf die noch folgende Besprechung der Freistützen zu verweisen ist.

Eine Mauer wird Standfähigkeit oder Stabilität besitzen, wenn sie sowohl gegen ein Umkippen, als auch gegen ein Verschieben auf ihrer Aufstandsfläche gesichert ist. Die Standfähigkeit wird durch schräg oder wagrecht angreifende Kräfte gefährdet, von welchen hier nur der Winddruck Anlaß zu Erörterungen giebt, da der Einfluß, den der Schub von Gewölben und anderen Constructionen auf die den Mauern, welche jenen als Widerlager dienen, zu gebende Dicke übt, späterer Besprechung vorbehalten ist.

^{304.}
Standfähigkeit.

⁶⁹⁷⁾ Ein Versuch zur Aufstellung solcher Formeln findet sich in: *La semaine des const.* 1879—80, S. 301; dieselben scheinen aber durch einen Rechenfehler beeinflusst zu sein.

Auch durch feitlich von der Schweraxe angreifende (excentrifche) lothrechte Drücke, welche eine ungleichmäßige Vertheilung der Druckspannungen auf der Unterlage herbeiführen, wie im vorhergehenden Artikel angeführt wurde, kann die Standficherheit einer Mauer in Frage gestellt werden, wenn die Unterlage an den am meisten gedrückten Stellen nachgiebt, was besonders für die Grundmauern in Betracht kommt.

Die Wirkung des Winddruckes wird namentlich bei frei stehenden Mauern und bei hohen Bauwerken, wie Kirchen, Thürmen und Schornsteinen, zu beachten fein und zu Berechnungen Veranlassung geben⁶⁹⁸). Bei Gebäuden von gewöhnlichen Verhältnissen wird dieselbe jedoch gewöhnlich nicht für nöthig gehalten, da deren Standfähigkeit durch die Verbindung mit den Quer-, Scheide- und gegenüber stehenden parallelen Mauern, so wie durch die Abknüpfungen, welche die Zwischengebälke für die Höhe bieten, wesentlich vergrößert wird. Auch stellen sich einschlagenden Berechnungen Schwierigkeiten in so fern entgegen, als die Vertheilung des Druckes auf die erwähnten Bautheile schwer zu beurtheilen ist. Immerhin ist zu beachten, daß Mauern, deren Dicke für geringe Flächenausdehnung genügende Standfähigkeit verbürgt, mit derselben Dicke bei wesentlich größerer, freier Länge und Höhe nicht standfähig genug fein werden. Man wird daher die Umfassungen von großen Räumen stärker, als die von benachbarten kleinen zu machen oder sie mit Verstärkungen zu versehen haben. Hierauf nehmen auch die später mitzutheilenden empirischen Regeln für die Stärkenbestimmung der Mauern Rücksicht.

Ferner ist nicht außer Acht zu lassen, daß durch den Winddruck die Kantendruckvermehrung vermehrt und damit die Druckfestigkeit des Mauerwerkes stärker in Anspruch genommen wird. Bei nicht genügend starken Mauern kann diese Druckbeanspruchung so groß werden, daß derselben auch das festeste Material nicht genügen würde, so daß man danach auch bei Verwendung der festesten Stoffe mit Rücksicht auf den Einfluß, den der Winddruck auf die Lage der Drucklinien im Mauerwerk übt, die Mauerstärken nach Verhältniß der Höhe und freien Länge und nach Maßgabe der etwa vorhandenen Unterstützungen, nicht aber nur nach der Festigkeit des Stoffes zu bemessen hat.

Bei einfachen Bauwerken und Belastungsverhältnissen läßt sich ohne Schwierigkeit die Dicke der Mauern bestimmen, welche dem größten anzunehmenden Winddruck genügt.

Es sei W der wagrecht wirkende Winddruck, G das Gewicht der Mauer, d die gleich bleibende und zu berechnende Dicke, h die Höhe und l die Länge derselben (in Met.); x sei der Abstand des Durchgangspunktes D (Fig. 707) der Mittelkraft R aus Winddruck W und Gewicht G von der Schweraxe der Mauer, also hier vom Mittelpunkte C der Basis AB . Als Angriffspunkt des Winddruckes ist der Schwerpunkt der getroffenen Fläche zu nehmen, der hier in der halben Höhe liegt. Die Länge l der Mauer sei 1 m. Es ist dann

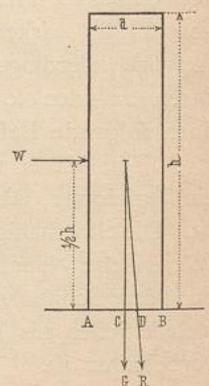
$$Gx = W \frac{1}{2} h \quad \text{und} \quad x = \frac{1}{2} \frac{Wh}{G}.$$

Ist γ das Gewicht von 1 cbm Mauerwerk, so ist $G = h d \gamma$ und alsdann

$$x = \frac{1}{2} \frac{W}{d \gamma}.$$

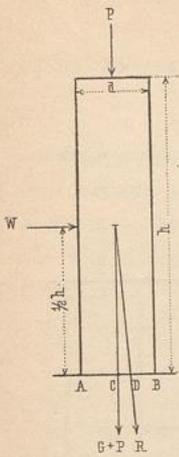
Standfähigkeit der Mauer ist vorhanden, wenn $x < \frac{1}{2} d$ ist: nur Druckspannungen ergeben sich in der Basis AB , wenn der Durchgangspunkt der Mittel-

Fig. 707.



⁶⁹⁸) Die Berechnung der Dicke von steinernen Einfriedigungen nach dem Winddruck folgt im nächsten Hefte (unter C, Abchn. 1, Kap. über »Einfriedigungen«) dieses »Handbuches«.

Fig. 708.



kraft R innerhalb der fog. Kernpunkte bleibt, also hier bei rechteckiger Basis und unter der Voraussetzung, daß der Wind die Mauer senkrecht trifft, wenn

$$x \leq \frac{1}{6} d$$

ist (vergl. Theil I, Bd. 1, 2. Hälfte, 2. Aufl., Art. 112, S. 89 dieses »Handbuches«).

Für die Berechnung der Mauerdicke nehmen wir das äußerste zulässige Maß

$$x = \frac{1}{6} d \text{ an; es ergibt sich daraus}$$

$$d = \sqrt{3 \frac{W}{\gamma}}$$

Die größte Druckspannung k findet in der Kante B statt. Sie ist bei der angenommenen Lage der Mittelkraft R doppelt so groß, als der auf die Basis gleichförmig vertheilte Druck für die Flächeneinheit wäre, also

$$k = 2 h \gamma \text{ für 1 qm oder } k = \frac{2 h \gamma}{10000} \text{ für 1 qcm.}$$

Wird die Mauer durch einen in ihrer Schweraxe wirkenden lothrechten Druck P belastet (Fig. 708), so ist die Momentengleichung

$$(G + P) x = W \frac{1}{2} h,$$

woraus

$$x = \frac{1}{2} \frac{W h}{G + P} = \frac{1}{2} \frac{W h}{h d \gamma + P}$$

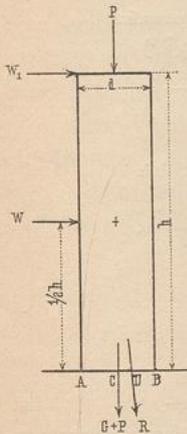
Für $x = \frac{1}{6} d$ ergibt sich

$$d = -\frac{P}{2 h \gamma} \pm \sqrt{3 \frac{W}{\gamma} + \frac{P^2}{4 h^2 \gamma^2}}$$

und

$$k = 2 h \gamma + \frac{2 P}{d} \text{ für 1 qm.}$$

Fig. 709.



Bei Gebäuden muß auch der auf das Dach kommende Winddruck mit in Rechnung gezogen werden. Derselbe läßt sich in eine lothrechte Windlast und einen wagrecht wirkenden Windschub zerlegen. Der letztere wird bei fester Auflagerung des Daches im ungünstigsten Falle auf eines der beiden Auflager allein übertragen.

W_1 sei dieser am Hebelsarm h angreifende Windschub des Daches (Fig. 709). Die Last P setzt sich aus dem Gewicht, der Windlast und der Schneelast des Daches zusammen. Da letztere die Stabilität der Mauer vergrößert, aber fehlen kann, so sollte man sie nicht in Rechnung stellen.

Die Momentengleichung ist dann

$$W \frac{1}{2} h + W_1 h = (P + G) x,$$

woraus

$$x = \frac{\left(\frac{1}{2} W + W_1\right) h}{G + P} = \frac{\left(\frac{1}{2} W + W_1\right) h}{h d \gamma + P}$$

Für $x = \frac{1}{6} d$ ergibt sich

$$d = -\frac{P}{2 h \gamma} \pm \sqrt{6 \frac{\left(\frac{1}{2} W + W_1\right)}{\gamma} + \frac{P^2}{4 h^2 \gamma^2}}$$

Beispiel. Eine Halle von 8 m Höhe und 14 m Breite (einschl. Mauern) sei mit einem in Schiefer gedeckten $\frac{1}{3}$ -Dach versehen. Nach *Landsberg*⁶⁹⁹ berechnen sich der Windschub des Daches W_1 zu 387 kg und die Windlast desselben zu 1485 kg für 1 m Länge. Das Gewicht des in Holz konstruirten

⁶⁹⁹ In Theil I, Band 1, zweite Hälfte (2. Aufl., Art. 28, S. 22 u. Art. 206, S. 189) dieses »Handbuches«.

Daches ist nach *Landsberg* für 1 qm wagrechte Projection der Dachfläche ohne Berücksichtigung der Binder 91 kg, also für 1 m Länge des Daches $7 \cdot 91 = 637$ kg. Es ist demnach

$$P = 637 + 1485 = 2122 \text{ kg.}$$

Für 1 qm lothrechte Wandfläche ist 120 kg Winddruck zu rechnen⁷⁰⁰⁾, also, da $h = 8$ m, für 1 m Mauerlänge

$$W = 8 \cdot 120 = 960 \text{ kg.}$$

Unter Voraussetzung von Backsteinmauerwerk kann $\gamma = 1600$ kg für 1 cbm angenommen werden. Es berechnet sich unter diesen Annahmen aus obiger Gleichung

$$d = 1,772 \text{ m,}$$

und die in der Kante *B* auftretende größte Druckspannung für 1 qcm

$$k = 2,8 \text{ kg.}$$

Will man die Mauerdicke auf gewöhnliche Weise (Fig. 710), ohne Berücksichtigung der in der Auffandsfläche auftretenden Spannungen bestimmen, so kann dies unter Annahme einer *m*-fachen Sicherheit aus der Momentengleichung

$$m \left(W \frac{1}{2} h + W_1 h \right) = (P + G) \frac{1}{2} d$$

gefunden. Da $G = h d \gamma$, so ergibt sich

$$d^2 + \frac{P}{h \gamma} d = \frac{2 m \left(\frac{1}{2} W + W_1 \right)}{\gamma},$$

oder

$$d = -\frac{P}{2 h \gamma} \pm \sqrt{\frac{2 m \left(\frac{1}{2} W + W_1 \right)}{\gamma} + \frac{P^2}{4 h^2 \gamma^2}}.$$

Unter Beibehaltung der Verhältnisse des vorhergehenden Beispiels berechnet sich bei $1\frac{1}{2}$ -facher Sicherheit

$$d = 1,219 \text{ m}$$

und bei 2-facher Sicherheit

$$d = 1,413 \text{ m.}$$

Da diese Maße kleiner sind, als das vorher berechnete, so müssen in der Auffandsfläche sich Zugspannungen ergeben können. Erst bei 3-facher Sicherheit berechnet sich dasselbe Dickenmaß.

Die größten Spannungen in der Auffandsfläche lassen sich nach den Gleichungen⁷⁰¹⁾

$$N_{max} = \frac{P + G}{F} \left(1 + \frac{F x a_1}{\gamma} \right) \quad \text{und} \quad N_{min} = \frac{P + G}{F} \left(1 - \frac{F x a_2}{\gamma} \right)$$

bestimmen.

Da hier $G = h d \gamma$, $F = d$, $a_1 = a_2 = \frac{1}{2} d$ und $\gamma = \frac{1}{12} d^3$ ist, so ergibt sich

$$N_{max} = \frac{P + d h \gamma}{d} \left(1 + \frac{6 x}{d} \right) \quad \text{und} \quad N_{min} = \frac{P + d h \gamma}{d} \left(1 - \frac{6 x}{d} \right),$$

worin

$$x = \frac{\left(\frac{1}{2} W + W_1 \right) h}{h d \gamma + P}.$$

Für $d = 1,3$ m (5 Steinlängen) bei ungefähr $1\frac{1}{2}$ -facher Sicherheit berechnet sich

$$N_{max} = 3,91 \text{ kg Druck für 1 qcm} \quad \text{und} \quad N_{min} = -1,03 \text{ kg Zug für 1 qcm.}$$

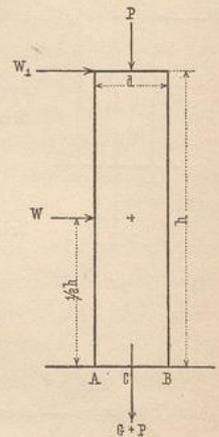
Da gewöhnlich als äußerstes zulässiges Maß der Zugspannung für Luftmörtel 1 kg für 1 qcm angenommen wird, so wäre die berechnete Mauerdicke zu gering.

Für $d = 1,42$ m ($5\frac{1}{2}$ Steinlängen) bei 2-facher Sicherheit ist

$$N_{max} = 3,49 \text{ kg Druck für 1 qcm} \quad \text{und} \quad N_{min} = -0,64 \text{ kg Zug für 1 qcm.}$$

Die aus den Rechnungen sich ergebenden großen Mauerstärken erklären sich daraus, daß bisher eine Mauer für sich allein auf ihre Standfähigkeit untersucht wurde. Bei einem geschlossenen Gebäude unterstützen sich die Mauern gegenseitig durch die sie verbindende Balkenlage. Da man aber dieses Maß der gegenseitigen Unterstützung nicht kennt, so muß von einem Hinzuziehen derselben zur Berechnung

Fig. 710.



⁷⁰⁰⁾ Siehe ebendaf., S. 23.

⁷⁰¹⁾ Siehe ebendaf., S. 88.

Abstand genommen und im Allgemeinen die Mauerdicke nach den aus der Erfahrung gewonnenen Regeln fest gestellt werden. Es gilt dies auch für thurmartige Gebäude auf geringer Grundfläche, für welche der Winddruck besonders gefährlich werden kann. Man wird auch bei diesen die Mauerdicken nicht berechnen können, sondern sich auf die Unterfuchung der Standfähigkeit des Bauwerkes beschränken müssen.

2) Regeln von *Rondelet*.

Bei den Schwierigkeiten, die sich einer theoretischen Ermittlung der Mauerstärken von Hochbauten entgegenstellen, ist man, wie bereits erwähnt, auf die Anwendung von aus der Erfahrung abgeleiteten Regeln angewiesen. Unter diesen haben die von *Rondelet*⁷⁰²⁾ aufgestellten immer noch Anspruch auf Beachtung und Mittheilung.

Dieselben stützen sich auf Beobachtungen an einer großen Zahl von Gebäuden und gehen zunächst von der Standfähigkeit frei stehender, unbelasteter Mauern aus. Für solche fand *Rondelet* Beispiele in den Ruinen der Villa des Kaisers *Hadrian* bei Tivoli, welche durch die Einwirkungen der Zeit auf die Höhe herabgebracht zu sein schienen, in welcher sie sich dauernd erhalten konnten.

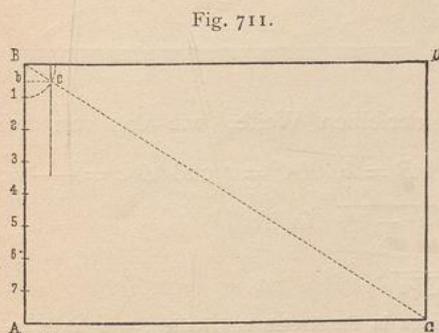
Dieselben zeigen das übliche römische Mauerwerk aus kleinen, durch reichlichen Mörtel zu einer festen Masse verbundenen Bruchsteinen und haben Verkleidung von *opus reticulatum* und durchbindende, bezw. begrenzende wagrechte Schichten von Backsteinen oder Tuffsteinen. Bei der längsten dieser Mauern ist die Dicke gleich dem elften Theil der Höhe.

Rondelet nimmt für frei stehende unbelastete Mauern drei Grade der Standfähigkeit an: eine große, eine mittlere und eine geringe. Auf große Stabilität läßt sich schließen, wenn die Mauer den achten Theil, auf eine mittlere, wenn sie den zehnten Theil und auf eine geringe, wenn sie den zwölften Theil der Höhe zur Dicke hat. Dies gilt für Mauern, die bei gleich bleibender Richtung und Dicke keine Unterstützungen an den Enden haben.

Verändern die Mauern ihre Richtung oder treten, wie in den Gebäuden, verschieden gerichtete Mauern zusammen, um einen umschlossenen Raum zu bilden, so ist die Standfähigkeit der Mauern von der Länge der einzelnen Mauerstücke abhängig, auf welche sie ihre Richtung beibehalten. Je kürzer sie sind, um so standfähiger werden sie sein, da sie immer an den Enden durch die anders gerichteten Mauern eine Stützung erhalten.

Das Verfahren *Rondelet's*, den Einfluß der Länge einer Mauer auf die Stabilität in Rechnung zu stellen, ist nach seiner Angabe das Ergebnis einer großen Menge von Versuchen, Beobachtungen und Rechnungen. Es besteht darin, daß man in dem aus Höhe AB (Fig. 711) und Länge AC der an den Enden durch Querwände gestützten Mauer gebildeten Rechteck die Diagonale BC zieht, die Höhe in die dem gewünschten Grade der Stabilität entsprechende Anzahl von Theilen theilt (8, 10 oder 12), mit einem dieser Theile aus dem Endpunkte B der Höhe einen Bogen schlägt und durch den Schnittpunkt dieses Bogens mit der Diagonale die Lothrechte legt. Der Abstand x der letzteren von der Höhenlinie AB ist dann die gefuchte Mauerdicke.

Dieser Abstand x läßt sich auch leicht durch Rechnung finden. Es sei $AB = h$,



⁷⁰²⁾ In: *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir*. Bd. 3, Lief. 5. Paris 1808. (S. 187) — so wie in: *Theoretisch-praktische Anleitung zur Kunst zu bauen*, von J. RONDELET. Bd. 4. Leipzig und Darmstadt, Wien 1835. (S. 122.)