

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 sie zusammensetzenden, 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 verschliessen.

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

II. Kapitel.

Wandftärken und -Verftärkungen.

a) Wandftärken.

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 Witterungseinflüsse und auf die Auflagerung der Gebälke und Gefimfe, Beanspruchung auf Druckfestigkeit und Standficherheit, Rückficht auf die beabfichtigte Dauer des Gebäudes, baupolizeiliche Vorschriften.

296.
Vorbemerkung.

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

1) Geringfte Wandftärken.

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 sie gelagert, je fchwerer sie im Einzelnen find und je regelrechter der Verband ift, weil dann um fo weniger leicht Verfchiebungen einzelner Steine eintreten können. Die günstigfte Lage der Steine in der Mauer mufs 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 sie bedarf immer befonderer Verftärkungen, zu denen auch die Ständer und Riegel der Fachwerkwände gerechnet werden müffen, und läßt sich 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 Schichtfeinen 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 Eifeneinlagen 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 preufs.), 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 Backsteinmauern 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	= $\frac{5}{8} - \frac{3}{4}$
» » Schichtfeinen	= 1
» » Cement-Beton	= 1
» » lagerhaften Bruchsteinen	= $1\frac{1}{4}$

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

⁶⁸⁵) Siehe: ENGEL, F. Die Bauausführung. Berlin 1881. S. 242. — SCHÜLER, F. K. Ueber Pisébau. Salzgungen 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 (Abfchn. 1: Constructions-Elemente in Stein) dieses »Handbuches«.

Mauern aus Kalksand-Stampfmaffe	= $1\frac{1}{4}$
» » unregelmäßigen Bruchsteinen	= $1\frac{3}{4}$
» » Lehmsteinen	= $1\frac{3}{4}$
» » Erd- oder Lehm-Stampfmaffe	= 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 (Abfchn. 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 Einflufs 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 Gefundheit 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.
Einflufs
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 überfieht dabei, dafs auch diese nur dann einen behaglichen und der Gefundheit zuträglichen Aufenthalt gewähren, wenn fie bei freier Lage wenigstens an den Wetterfeiten mit den erwähnten Schutzbekleidungen versehen find.

Für Betonwände hat die Erfahrung gezeigt, dafs als geringfte den Witterungseinflüssen gegenüber genügende Stärke 25 bis 30 cm anzunehmen ift, wobei fehr sorgfältige Ausführung und äufserer Putz mit Portland-Cement-Mörtel vorausgefetzt werden muß (vergl. Art. 141, S. 142).

Erfcheint es nach dem Vorhergehenden zweckmäfsig, in der Dicke von Umfassungsmauern nicht unter $1\frac{1}{2}$ Stein, höchstens bis auf 1 Stein herabzugehen, fo würde es andererseits für die Heizung und Lüftung unvortheilhaft fein, viel stärkere Mauern im oberften Wohngefchofs eines Gebäudes in Anwendung zu bringen, da die ftatischen Rückfichten ohnedies schon eine Verstärkung in den unteren Stockwerken erheifchen.

Nach einer rechnerifchen Unterfuchung von *Weifs*⁶⁸⁸) ift die Mauerdicke verhältnifsmäfsig klein zu wählen. Bei Anwendung von gewöhnlichen Oefen oder fonftigen billig zu beschaffenden Heizvorrichtungen folte fie nicht gröfser, als 1,0 bis 1,5 Fufs (1 Fufs fächf. = 0,283 m), bei Anwendung koftspieligerer Heiz-Systeme, wie Warmwaffer- oder Dampf-Heizapparaten, nicht gröfser als 1,5 bis 2,0 Fufs genommen werden. Es stimmt dies annähernd mit den oben gemachten Angaben.

301.
Auflagerung
von
Hauptgefimfen.

Auf die Befimmung der geringften Dicke der Umfassungsmauer im oberften Wohngefchofs, bezw. im Kniestock kann aufer der Rückficht auf Witterungseinflüsse auch die auf die Auflagerung von Hauptgefimfen aus Hauftein oder Terracotta zur Geltung kommen müffen. Die Ausladung und Auflager derfelben müffen in einem die Sicherheit gewährleistenden Verhältnifs ftehen. Für das Auflager muß entweder die Mauer als Unterftützung dienen, oder fie wird wohl auch als Gegengewicht mit zum Tragen der Ausladung herangezogen, fo dafs ihre Dicke von der Conftitution der Gefimfe, die im nächft folgenden Hefte (unter D) dieses »Handbuches« zur Befprechung gelangt, abhängig ift. Bestimmte Mafse laffen fich daher hier nicht angeben; immerhin läßt fich aber fo viel fagen, dafs aus Rückficht auf Steingefimfe von einigermaßen erheblicher Ausladung felten eine Mauerdicke unter $1\frac{1}{2}$ Stein wird angenommen werden können.

302.
Auflagerung
der
Gebälke.

Ift die Rückficht auf Schutz gegen Witterungseinflüsse, namentlich für die Befimmung der Mauerdicke im oberften Wohngefchofs eines Gebäudes, mafsgebend, fo werden aufer den noch zu befprechenden ftatischen Erwägungen meistens die Rückfichten auf die Auflagerung der Zwifchengebälke zu einer Vergrößerung der Dicke in den unteren Stockwerken führen. Ob diese Verstärkung in allen Stockwerken oder nur in einzelnen derfelben ftattzufinden hat, ift davon abhängig, ob die Balkenköpfe ganz oder theilweise oder gar nicht eingemauert werden follen und ob Mauerlatten zur Anwendung kommen. Für letztere find immer aus Rückficht auf dauernde Erhaltung des Holzes Mauerabfätze anzuordnen, wenn nicht andere bei der Befprechung der Balkenlagen (fiche Theil III, Band 2, Hefte 3 dieses »Handbuches«) zu erörternde Mittel für freie Lagerung derfelben vor den Wänden benutzt werden. Solche Mauerabfätze bemifft man gewöhnlich zu $\frac{1}{2}$ Stein.

Die freie Lage der hölzernen Mauerlatten ift mitunter Gegenftand baupolizeilicher Beftimmung. So verfügt die Ausführungsverordnung zur allgemeinen Bauordnung für das Großherzogthum Heffen 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 einbringen, bezw. eingemauert werden; sie sind entweder auf Tragsteine oder sonstige Unter-
stützungen vor die Mauern zu legen, oder es sind die Mauern für das Auflagern der hölzernen Mauer-
latten 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 Eigen-
gewicht 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 vor-
kommen, da den Oeffnungen in der Regel bis zum Boden reichende Nischen entsprechen und die ver-
bleibenden 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 gleichmäßig oder ungleichmäßig 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 zu-
lässigen Beanspruchungen auf Druck auch an anderen Orten von Werth sind.

Zulässige Beanspruchung

bei Quadermauerwerk, einzelnen Werkstücken, steinernen Säulen und Pfeilern.

	Steingattungen	Mauerwerk-Claffen		
		A	B	C
1.	Granit und Porphy	50	40	20
2.	Harte Steine: Mühlendorfer, Mannersdorfer, Sommereiner, Istrianer, harter Kaifer- stein, Hundsheimer, Wöllersdorfer, Karstmarmor, 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 1qm		

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

Hierin bedeuten:

- A. Gefchlossene stärkere Quadermauern, einzelne Unterlagssteine, Widerlager, Bogensteine und fonstige 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, bezw. 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.

	Mauerwerk gattung	Mauerwerk-Claffen		
		A	B	C
1.	Ziegelmauerwerk mit Weifskalkmörtel	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 Weifskalkmörtel	4	—	—
5.	Bruchsteinmauerwerk oder gemischtes Mauerwerk mit Cement-Kalkmörtel	5	—	—
6.	Mauerwerk aus gefchlemmten Ziegeln mit Cement-Kalkmörtel	9	8	7,5
7.	Mauerwerk aus gefchlemmten 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, dafs die zulässigen Beanspruchungen in Wien zumeist niedriger sind, als die Angaben von *Böhme* und als die Bestimmungen des Berliner Polizei-Präfidiums.

Nach *Baufchinger's* Versuchen⁶⁹⁰⁾ betrug die Druckfestigkeit von Würfeln aus
1) Ziegelmauerwerk mit Mörtel aus 1 Theil Perlmoofer Portland-Cement und
3 Theilen feinerem Ifarfand bei 818 qcm Querschnitt: 95 kg für 1 qcm;

2) Ziegelmauerwerk mit Mörtel aus 1 Theil Perlmoofer 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 Zerörung 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 contr.*, Jahrg. 10 (1885—86), S. 150.

*Blomfeld und Kirkaldy & Son*⁶⁹²⁾ verfuchten Rundpfeiler, welche äußerlich aus Backsteinen, im Kern aus Beton bestanden und 0,914 m (12 Schichten) hoch und 0,61 m stark waren, zu zerdrücken. Es gelang dies zwar nicht ganz; aber die Backsteine in 2 solchen Pfeilern wurden bei 97,5 kg, bzw. 98,7 kg Belastung für 1 qcm zerbrochen. Der Querschnitt betrug 2916 qcm, wovon etwa 1135,4 qcm auf den Beton und 1780,6 qcm auf die Backsteine entfielen. Das Backsteinmauerwerk für sich allein wurde im Mittel bei 164,7 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 m Seitenlänge im Mittel bei 132,9 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 cm dicken Mörtelfugen, befasen aber, wie es scheint, keine Stoßfugen. 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 Wasserzuzatz 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 beige-mischt. 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.

Mifchungs-Verhältnifs	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 Urfache der auffallend geringen Druckfestigkeit der nicht eingestampften Betonmifchung von 1 : 6 bei 33-tägiger Erhärtung konnte nicht feftgeftellt werden. Bemerkenswerth ift auch der grofse Einflufs des Einftampfens bei der Mifchung 1 : 4 und der verfchwindend kleine bei der Mifchung 1 : 8.

Zu einem im Jahre 1876 durch die Stuttgarter Cement-Fabrik in Blaubeuren bei Ulm in Beton errichteten achteckigen Fabrikschornfteine wurde für die Gründung eine Mifchung von 1 Theil Portland-Cement, 2 Theilen Roman-Cement und 14 Theilen Kiesfand und Steine, für den Achteckbau eine folche aus 1 Theil Portland-Cement, 1 Theil Roman-Cement und 8 Theilen Kiesfand 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 foll für ein gewöhnliches 4 Stock hohes Gebäude, da deffen Belaftung in den unteren Schichten der lothrechten Mauern meistens unter 5 kg auf 1 qcm bleibt, für den Beton ein Mörtel zulässig erfeheinen, welcher nach vier Wochen 25 kg Druckfestigkeit hat, oder, da erfahrungsgemäfs dann die Druckfestigkeit das 7-fache der Zugfestigkeit betragen foll, ein folcher, welcher 3,5 kg Zugfestigkeit auf 1 qcm hat. Bei Portland-Cementen mittlerer Güte wird diese Festigkeit bei einem Zufatze von 6 Theilen Sand auf 1 Theil Cement erreicht, bei besonders guten Cementforten mit dem Verhältnifs 10 : 1⁶⁹⁵).

Gewöhnlich wird mit gröfserer Sicherheit gerechnet.

Aus dem Eigengewicht einer Mauer allein läfst sich die erforderliche Dicke derfelben nicht berechnen; es läfst sich nur unterfuchen, wie hoch eine Mauer fein müfste, damit die unterfte Schicht derfelben unter der Laft des Eigengewichtes zerdrückt würde, oder bei welcher Höhe die zulässige Beanspruchung auf Druck nicht überfchritten werden würde.

Beifpielsweise kann man eine Backsteinmauer, von der 1 cbm 1600 kg wiegt, 50 m hoch machen, ohne dafs die zulässige Belaftung von 8 kg auf 1 qcm überftiegen wird.

Als Folgerung ergibt sich hieraus, dafs man hohe Bauwerke, wie Thürme, in den unteren Theilen aus entsprechend druckfestem Material herftellen mufs.

Bei der Berechnung der gröfsten 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 aufser dem Eigengewichte noch andere Belaftungen vorhanden find. Diese müffen lothrecht in der Schweraxe des Mauerkörpers von wagrechter Schichtung wirken, wenn der Druck auf die Aufftandsfläche gleichmäfsig vertheilt fein foll.

Ift P eine folche Laft, 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 derfelben, γ das Eigengewicht der Raumeinheit und k die zulässige Druckbeanspruchung für die Flächeneinheit, fo ift

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 Aufftandsfläche 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 Maße 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., Abchn. 3, Kap. 1) dieses »Handbuches« verwiesen.

Unter der Annahme von bloß 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 Maß derselben meist so groß ist, daß die sich ergebende größte Druckspannung unter der zulässigen bleibt. Erfchwert 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 bloß 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 oben 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 Aufftandsfläche 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 conf.* 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 ungleichmäfsige Vertheilung der Druckfpannungen 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 meiften gedrückten Stellen nachgiebt, was befonders für die Grundmauern in Betracht kommt.

Die Wirkung des Winddruckes wird namentlich bei frei ftehenden Mauern und bei hohen Bauwerken, wie Kirchen, Thürmen und Schornfteinen, zu beachten fein und zu Berechnungen Veranlassung geben⁶⁹⁸). Bei Gebäuden von gewöhnlichen Verhältniffen wird dieselbe jedoch gewöhnlich nicht für nöthig gehalten, da deren Standfähigkeit durch die Verbindung mit den Quer-, Scheide- und gegenüber ftehenden parallelen Mauern, fo wie durch die Abknüpfungen, welche die Zwifchengebälke für die Höhe bieten, wefentlich vergrößert wird. Auch ftehen sich einschlagenden Berechnungen Schwierigkeiten in fo fern entgegen, als die Vertheilung des Druckes auf die erwähnten Bautheile schwer zu beurtheilen ift. Immerhin ift zu beachten, dafs Mauern, deren Dicke für geringe Flächenausdehnung genügende Standfähigkeit verbürgt, mit derfelben Dicke bei wefentlich größerer, freier Länge und Höhe nicht standfähig genug fein werden. Man wird daher die Umfaffungen von grofsen Räumen ftärker, als die von benachbarten kleinen zu machen oder fie mit Verftärkungen zu verfehen haben. Hierauf nehmen auch die fpäter mitzutheilenden empirifchen Regeln für die Stärkenbestimmung der Mauern Rückficht.

Ferner ift nicht aufer Acht zu laffen, dafs durch den Winddruck die Kantenpreffung vermehrt und damit die Druckfestigkeit des Mauerwerkes ftärker in Anspruch genommen wird. Bei nicht genügend ftarken Mauern kann diese Druckbeanspruchung fo grofs werden, dafs derfelben auch das fefteste Material nicht genügen würde, fo dafs man danach auch bei Verwendung der feftesten Stoffe mit Rückficht auf den Einflufs, den der Winddruck auf die Lage der Drucklinien im Mauerwerk übt, die Mauerftärken nach Verhältnifs der Höhe und freien Länge und nach Mafsgabe der etwa vorhandenen Unterftützungen, nicht aber nur nach der Festigkeit des Stoffes zu bemeffen hat.

Bei einfachen Bauwerken und Belaftungsverhältniffen läßt fich ohne Schwierigkeit die Dicke der Mauern beftimmen, welche dem größten anzunehmenden Winddruck genügt.

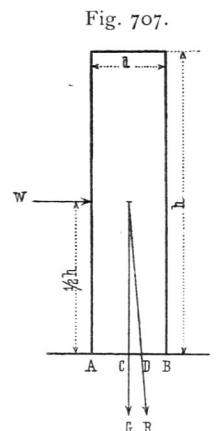
Es fei W der wagrecht wirkende Winddruck, G das Gewicht der Mauer, d die gleich bleibende und zu berechnende Dicke, h die Höhe und l die Länge derfelben (in Met.); x fei der Abftand des Durchgangspunktes D (Fig. 707) der Mittelkraft R aus Winddruck W und Gewicht G von der Schweraxe der Mauer, also hier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

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

Ift γ das Gewicht von 1 cbm Mauerwerk, fo ift $G = h d \gamma$ und alsdann

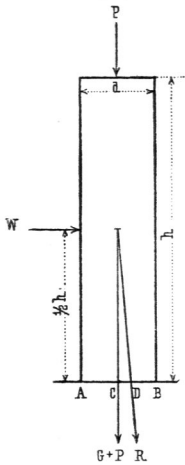
$$x = \frac{1}{2} \frac{W}{d \gamma}.$$

Standfähigkeit der Mauer ift vorhanden, wenn $x < \frac{1}{2} d$ ift: nur Druckfpannungen ergeben fich in der Bafis AB , wenn der Durchgangspunkt der Mittel-



⁶⁹⁸) Die Berechnung der Dicke von feinernen Einfriedigungen nach dem Winddruck folgt im nächften Hefte (unter C, Abfchn. 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 fenkrecht trifft, wenn

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

ist (vergl. Theil I, Bd. I, 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

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

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

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

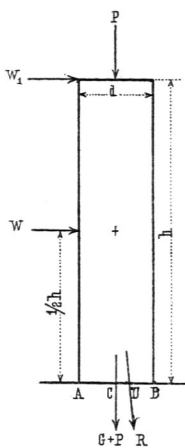
Für $x = \frac{1}{6} d$ ergibt sich

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

und

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

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

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

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 I, 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 Aufstandsfläche auftretenden Spannungen bestimmen, so kann dies unter Annahme einer *m*-fachen Sicherheit aus der Momentengleichung

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

gefehen. 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 1¹/₂-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 Aufstandsfläche sich Zugspannungen ergeben können. Erst bei 3-facher Sicherheit berechnet sich dasselbe Dickenmaß.

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

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

bestimmen.

Da hier $G = h d \gamma$, $F = d$, $a_1 = a_2 = \frac{1}{2} d$ und $\mathcal{F} = \frac{1}{12} d^3$ 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 1¹/₂-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 (5¹/₂ Steinlängen) bei 2-facher Sicherheit ist

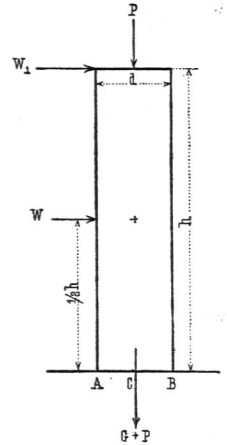
$$N_{max} = 3,49 \text{ kg Druck für 1 qcm} \quad \text{und} \quad N_{min} = -0,64 \text{ kg Zug für 1 qcm.}$$

Die aus den Rechnungen sich ergebenden großen Mauerflärken 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

⁷⁰⁰⁾ Siehe ebendaf., S. 23.

⁷⁰¹⁾ Siehe ebendaf., S. 88.

Fig. 710.



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.

305.
Frei stehende
Mauern.

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, bzw. begrenzende wagrechte Schichten von Backsteinen oder Tuffsteinen. Bei der längsten dieser Mauern ist die Dicke gleich dem elften Theil der Höhe.

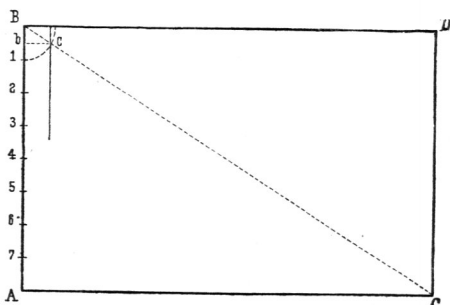
Rondelet nimmt für frei stehende unbelastete Mauern drei Grade der Standfähigkeit an: eine große, eine mittlere und eine geringe. Auf große Stabilität läßt sich schließen, wenn die Mauer den achten Theil, auf eine mittlere, wenn sie den zehnten Theil und auf eine geringe, wenn sie den zwölften Theil 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 gesuchte Mauerdicke.

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

Fig. 711.



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.)

$AC = l$, $BC = Bc = \frac{h}{n}$ und $b c = x$. Da nun $BC : AC = Bc : x$ und da $BC = \sqrt{h^2 + l^2}$, so ist

$$\sqrt{h^2 + l^2} : l = \frac{h}{n} : x,$$

woraus

$$x = \frac{hl}{n\sqrt{h^2 + l^2}}.$$

Ist z. B. $l = 10$ m, $h = 4$ m und $n = 8$, so ergibt sich $x = 0,464$ m. Für die Ausführung in Backstein würde man als Stärke 2 Stein = $0,51$ m nehmen müssen, ein Maß, das den üblichen Annahmen entsprechen dürfte.

Rondelet giebt nicht bestimmt an, für welches Mauermaterial seine Regel gelten soll; er scheint aber Backsteine oder andere regelmäfsig geformte kleine Steine im Auge gehabt zu haben. Nimmt man dies an, so würde man für andere Mauer-Materialien die gefundene Stärke mit den in Art. 298 (S. 374) angegebenen Verhältniszahlen zu multipliciren haben, um die entsprechende Mauerdicke zu bestimmen.

Das Verfahren gilt für beliebige eckige Grundriffsformen. Um es auch für den Kreis anwenden zu können, ersetzte *Rondelet* denselben durch ein regelmäfsiges Zwölfeck oder bestimmte die Mauerdicke noch einfacher für eine Länge gleich dem halben Halbmesser des Kreises. Die Ergebnisse sollen dem Befund an ausgeführten und sich bewährt habenden Gebäuden sehr gut entsprechen.

306.
Umfassungen
von
eingeschoffigen
Gebäuden.

Die Stärke von Mauern, welche eine Balkendecke oder ein Dach tragen, macht *Rondelet* nicht von ihrer Länge und Höhe, sondern von ihrer Höhe und der lichten Gebäudetiefe abhängig, da dieselben zwar durch die Deckenbalken oder Binderbalken gegenseitig Unterstützung ihrer Standfähigkeit erhalten, andererseits aber durch diese in Folge ihrer Biegsamkeit erschüttert werden und die Gröfse der Durchbiegungen und Erschütterungen mit der Länge der Balken und damit mit der Tiefe der Räume zunimmt.

Wie bei frei stehenden Mauern aus Länge und Höhe, so wird bei Tragmauern eingeschöffiger Gebäude aus lichter Gebäudetiefe und Höhe ein Rechteck gebildet, die Diagonale gezogen und nun auf dieser vom oberen Ende $\frac{1}{12}$ der Höhe abgetragen. Der Abstand der Lothrechten durch den so gefundenen Punkt von der Höhenlinie giebt die gefuchte Mauerdicke (Fig. 712).

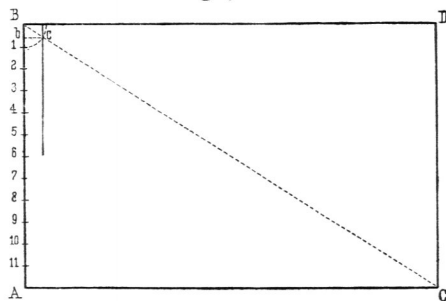


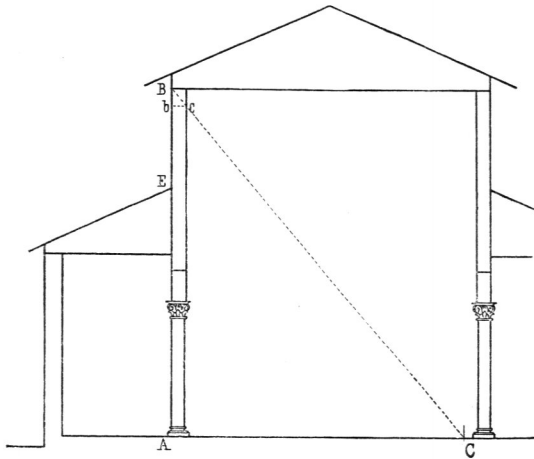
Fig. 712.

Dieses Maß x der Mauerdicke kann in derselben Weise, wie das von frei stehenden Mauern berechnet werden. Es sei $AB = h$, $AC = t$ und $Bc = \frac{1}{12} h$; da nun $BC : AC = Bc : x$ und $BC = \sqrt{h^2 + t^2}$, so ist

$$x = \frac{ht}{12\sqrt{h^2 + t^2}}.$$

Rondelet hat bei der Untersuchung von 280 Gebäuden in Frankreich und Italien, aus alter und neuer Zeit, gefunden, dass bei solchen Gebäuden, welche ein Satteldach mit Dachbindern, mit oder ohne Balkendecke, hatten, welches ein Ausweichen der Mauern verhinderte, die geringste Dicke der in Schichten oder Backsteinen gut hergestellten Mauern $\frac{1}{24}$ der lichten Tiefe des Gebäudes betrug.

Fig. 713.



Wenn $AB = h$, $BE = h_1$ und $AC = t$, so bestimmt sich unter Beibehaltung der früheren Bezeichnungen

$$bc = x = \frac{(h + h_1) t}{24 \sqrt{h^2 + t^2}}.$$

Rondelet macht die Dicke der Umfassungsmauern mehrgeschossiger Gebäude ebenfalls von der Höhe und Tiefe derselben abhängig, unterscheidet jedoch zwischen Gebäuden ohne und mit Mittelmauer oder mittlerer Unterstützung der Balken.

Bei den ersteren soll die geringste Dicke der Mauer über dem Sockel $\frac{1}{24}$ der Summe von Gebäudetiefe und halber Gebäudehöhe gemacht werden, oder

$$x = \frac{t + \frac{1}{2} h}{24}.$$

Für eine mittlere Standfähigkeit soll noch 1 Zoll (= 27 mm), für eine große 2 Zoll (= 54 mm) zugefetzt werden.

Bei den Gebäuden mit einer Mittelmauer wird die Mauerdicke zu $\frac{1}{24}$ der Summe von halber Gebäudetiefe und Gebäudehöhe angenommen, also

$$x = \frac{\frac{1}{2} t + \frac{1}{2} h}{24} = \frac{t + h}{48}.$$

Rondelet giebt nicht an, ob die Mauern in den oberen Geschossen schwächer gemacht werden sollen, als die durch die Berechnung für das Erdgeschoss gefundenen. Es läßt sich dies nur vermuthen. Man erhält übrigens passende Mauerdicken, wenn man die Rechnung für jedes Stockwerk durchführt und die über dem Fußboden derselben vorhandene Höhe bis zum Hauptgesims in Rechnung stellt.

Zur Bestimmung der Dicke von Scheidewänden soll man nach *Rondelet* zur Tiefe des Raumes, welcher durch eine Scheidewand getheilt werden soll, die Stockwerkshöhe addiren und von dieser Summe $\frac{1}{36}$ nehmen. Bei Verwendung von Backsteinen und natürlichen Steinen mittlerer Festigkeit soll man das gefundene Maß um $\frac{1}{2}$ Zoll (= 13 $\frac{1}{2}$ mm) für jedes Stockwerk über dem Erdgeschoss vergrößern, um die Mauerdicke in letzterem zu bestimmen. Bei Steinen geringer Festigkeit soll man dagegen für jedes Stockwerk 1 Zoll (= 27 mm) zurechnen.

307.
Umfassungen
von mehr-
geschossigen
Gebäuden.

308.
Scheidewände.

Bei Holz-Fachwerkwänden, welche mit Gyps ausgemauert und beiderseits geputzt sind, soll die Hälfte der für eine Mauer an derselben Stelle nöthigen Dicke hinreichen; für leichte Scheidewände, welche keine Balken zu tragen haben, $\frac{1}{4}$ der nach der Regel bestimmten Dicke.

3) U e b l i c h e W a n d f ä r k e n .

a) Mauern aus Backsteinen.

309.
Allgemeines.

Bei der Feststellung der Mauerstärken wird immer der Kostenersparniß wegen das Bestreben vorhanden sein, unter Berücksichtigung genügenden Widerstandes gegen die Witterungseinflüsse und ausreichender Tragfähigkeit für die gegebenen Belastungen mit dem geringsten zulässigen Mafse auszukommen. Ueber dieses sind nun in den verschiedenen Gegenden fowohl die aus der Erfahrung geschöpften Angaben, als auch die Bestimmungen der Bau-Polizei verschieden. Theils hängt dies mit der Verschiedenartigkeit der zur Verwendung gelangenden Baustoffe, theils mit der von Alters her üblichen örtlichen Bauweise zusammen. In Deutschland ist der Backsteinbau namentlich im Norden zur Ausbildung gelangt, und da in der größten Stadt wohl die mannigfaltigsten Erfahrungen vorauszusetzen sind, so dürfte es sich empfehlen, hier besonders die Berliner Verhältnisse zu berücksichtigen.

310.
Belastete Um-
fassungsmauern.

Bei den Umfassungsmauern der Gebäude unterscheidet man häufig zwischen Front- und Giebelmauern, wobei man annimmt, daß die ersteren durch Balkenlagen belastet sind. Da dies jedoch auch bei den Giebelmauern der Fall sein kann, so müssen dann für diese die gleichen Regeln, wie für Frontmauern gelten.

Fast allgemein gültig ist wohl die Regel, daß man die belasteten Umfassungsmauern gewöhnlich nicht unter $1\frac{1}{2}$ Stein, mindestens aber 1 Stein stark, mit Rücksicht auf genügenden Schutz gegen die Witterung, zu machen habe (vergl. Art. 300, S. 375).

Dies gilt fowohl für eingeschossige Gebäude, als auch für das oberste Stockwerk mehrgeschossiger Gebäude.

Eben so verfährt man wohl allgemein nach dem Grundsätze, bei mehrstöckigen Gebäuden der Mauerdicke des obersten Stockwerkes für jedes darunter befindliche dann $\frac{1}{2}$ Stein zuzusetzen, wenn die Balken auf Mauerlatten aufzulagern sind, für welche der Mauerabfatz die Unterstüzung bieten soll, dagegen Ersparnisse in dieser Beziehung zuzulassen und diesen Zusatz von $\frac{1}{2}$ Stein nur alle zwei Stockwerke einzuführen, wenn keine Mauerlatten Verwendung finden oder diese den Mauern vorgelegt sind (vergl. hierüber Art. 302, S. 376).

Mit Rücksicht auf genügende Standfähigkeit begnügt man sich mit diesen Mauerstärken nur bis zu gewissen größten Mafsen der umschlossenen Räume, über welche allerdings die Meinungen etwas verschieden sind.

Nach *Scholz*⁷⁰³⁾, der die Berliner Verhältnisse im Auge hat, ist die äußere belastete Frontwand im obersten Geschofs $1\frac{1}{2}$ Stein stark aufzuführen, wenn die Stockwerkshöhen 3,5 bis 4,5 m, die Zimmertiefen 5,0 bis 7,0 m und die Zimmerlängen höchstens 9,0 m betragen. Für jedes tiefer liegende Geschofs ist gewöhnlich $\frac{1}{2}$ Stein zuzulegen. Sind jedoch die Stockwerke nicht über 4,0 m hoch und ist das Gebäude zwischen andere Häuser eingebaut, so braucht diese Verstärkung nur alle zwei Stockwerke vorgenommen zu werden.

Nach *Lang*⁷⁰⁴⁾ sind die Frontmauern im obersten Geschofs $1\frac{1}{2}$ Stein stark aufzuführen bei einer

⁷⁰³⁾ In: Die Fachschule des Maurers. Leipzig 1887. S. 243.

⁷⁰⁴⁾ In: BREYMANN, G. A. Allgemeine Bau-Constructions-Lehre u. f. w. Neu bearbeitet von H. LANG. Teil I: Constructionen in Stein. 5. Aufl. Stuttgart 1881. S. 281.

Stockwerkshöhe von 3,3 bis 3,6 m, Zimmertiefe von nicht über 6,0 m und einer freien Länge der Frontmauer von nicht über 9 bis 10 m. Bei gutem Material, fleißiger Arbeit und einer Zimmerhöhe unter 3,3 m soll man mit einer Stärke von 1 Steinlänge ausreichen. Für jedes tiefer gelegene Stockwerk ist gewöhnlich der Mauerstärke $\frac{1}{2}$ Stein zuzufetzen; doch kann man diese Verstärkung auch erst alle zwei Stockwerke vornehmen, wenn die einzelnen Geschosse nicht über 3,5 bis 4,0 m hoch sind und die Balkenlagen nicht auf Mauerabfätze gelegt werden sollen.

Nach dem Orts-Baufatut der Stadt Darmstadt sind bei massiven Gebäuden und Verwendung von Backsteinen die Umfassungsmauern im obersten Geschofs, bezw. Kniestock mindestens 25 cm stark zu machen und alle zwei Stockwerke um mindestens $\frac{1}{2}$ Stein zu verstärken, wobei die Geschofshöhen nicht über 4,0 m im Lichten und die Zimmertiefen nicht über 7,0 m betragen dürfen.

Balken tragende Umfassungsmauern von nicht mehr als 2 bis 3 m Länge können wie die später zu besprechenden unbelasteten Umfassungen behandelt werden.

Starke Belastungen von Gebäuden, wie bei Pack- oder Lagerhäusern, und starke, sich wiederholende Erschütterungen, wie bei vielen Fabrikgebäuden, veranlassen häufig stärkere Bemessung der belasteten Umfassungsmauern, insbesondere erfordern sie gewöhnlich Verstärkungen in jedem tieferen Geschofs.

Müller⁷⁰⁵⁾ giebt an, das nach in Bremen an schwer belasteten Packhäusern gemachten Erfahrungen die von Rondelet für mehrgeschossige Gebäude mit mittlerer Unterstützung der Balken aufgestellte Formel (vergl. Art. 307, S. 387) genügende Mauerdicken ergebe, wenn man anstatt der halben Höhe $\frac{2}{3}$ derselben setze, also die Dicke nach der Formel

$$x = \frac{\frac{1}{2} t + \frac{2}{3} h}{24}$$

berechne.

Andererseits ermöglicht die Verwendung von Portland-Cement-Mörtel und von sehr guten Backsteinen die Anwendung schwächerer Abmessungen.

So theilt Klücher in der unten angegebenen Quelle⁷⁰⁶⁾ mit, das in Hamburg in sehr vielen fünfgeschossigen Wohnhäusern die Frontwände der oberen vier Geschosse $1\frac{1}{2}$ Stein und die des Erdgeschosses und Kellers 2 Stein stark (Hamburger Format) ausgeführt werden. Nicht frei stehende Giebel werden im Keller $1\frac{1}{2}$ Stein stark und in sämtlichen vier, bezw. fünf Geschossen 1 Stein stark zur Ausführung gebracht, wobei sie oft selbst als Balken tragende Wände aufzutreten haben. Allerdings verwendet man dabei zum gesamten Mauerwerk beste Mauersteine und in den unteren Geschossen Portland-Cement-Mörtel (1 : 4), so wie eine Verstärkung in Eisen. Diese besteht bei Anwendung von eisernen Gebälken über dem Erdgeschoss in der Anordnung eines Ringes von eisernen Trägern auf Front- und Giebelmauern, welche bei großen Raumabmessungen über dem I. Obergeschoss zu wiederholen ist. Zur Beurtheilung der angegebenen Mauerstärken ist anzuführen, das das Hamburger Backstein-Format nur $215 \times 105 \times 55$ mm misst.

Eingeschossige Gebäude, wie Arbeitsschuppen, bei denen Rücksicht darauf genommen ist, das alle Erschütterungen nicht unmittelbar auf das Mauerwerk, sondern auf den Erdboden übertragen werden, lassen sich bei gutem Baumaterial unter Umständen mit sehr dünnen Wänden ausführen.

So zeigt ein 50 m langer, 5 m tiefer, an der Rückwand des Pultdaches 4,5 m hoher, mit Pappe gedeckter Arbeitsschuppen einer Fabrik von Cement-Arbeiten $\frac{1}{2}$ Stein starke Umwandungen in Cement-Mörtel mit 1 Stein starken Schäften in Entfernungen von 3 bis 4 m⁷⁰⁷⁾.

In solchen Fällen soll nach unten stehender Quelle⁷⁰⁸⁾ bei 4 bis 5 m Tiefe, bis 4 m Höhe, Verwendung von Kalk-Cement-Mörtel und Holzcement-Dach, selbst auf grössere Längen, wenn allenfalls in Abständen von etwa 4 m Pfeiler vorgelegt werden, eine Dicke der Umfassungswände von 1 Stein Stärke oder von 30 cm bei Anwendung von Hohlmauern genügen.

⁷⁰⁵⁾ In: Die Maurerkunst. 3. Aufl. Leipzig. S. 294.

⁷⁰⁶⁾ Baugwksztg. 1888, S. 660.

⁷⁰⁷⁾ Nach: HAARMANN'S Zeitchr. f. Bauhdw. 1889, S. 11.

⁷⁰⁸⁾ Ebendaf.

311.
Hohe Wand.

In Berlin nennt man bei Anlage von Seitenflügeln die dem Nachbar zugewendete Umfassungswand »hohe Wand«. Da solche mit einem Pultdach überdeckte Flügel gewöhnlich eine geringe Tiefe haben und da die hohe Wand in der Regel mit der gegenüber liegenden Hofmauer durch Balken verankert ist und keine Oeffnungen oder Nischen erhalten darf, so kann die Mauerstärke hier für die drei obersten Stockwerke $1\frac{1}{2}$ Stein genommen werden. Eine Verstärkung um $\frac{1}{2}$ Stein braucht man erst bei dem vierten Geschoß von oben eintreten zu lassen. Der im Dach befindliche Theil der hohen Wand ist mindestens 1 Stein stark mit vorgelegten Verstärkungspfählen zu machen; die in Berlin häufig angewendete Construction als abgebundene Wand mit $\frac{1}{2}$ Stein starker Verblendung ist nicht zu empfehlen⁷⁰⁹⁾.

312.
Lichthofmauern.

Zu den durch Balkenlagen belasteten Mauern gehören zum Theile auch die Umfassungen von Lichthöfen. Da dieselben gewöhnlich verhältnißmäßig geringe Länge besitzen und meist untergeordnete Räume begrenzen, so macht man sie durch drei Stockwerke hindurch $1\frac{1}{2}$ Stein stark und läßt dann erst eine Verstärkung eintreten. Tragen sie keine Balken und begrenzen sie Räume von geringer Tiefe, so begnügt man sich wohl auch mit 1 Stein Stärke.

313.
Unbelastete
Umfassungs-
mauern.

Die dem Nachbar zugekehrten Umfassungen heißen gewöhnlich Giebelmauern und erhalten häufig keine Belastung durch Balkenlagen. Man darf dieselben in Berlin in den beiden obersten Geschoßen 1 Stein stark machen, wenn sie von Oeffnungen durchbrochen sind, und braucht erst dann eine Verstärkung von $\frac{1}{2}$ Stein, wie bei den Frontwänden, alle zwei Geschoße vorzunehmen. Haben sie keine Oeffnungen, so darf man sogar die Stärke von 1 Stein durch drei Geschoße hindurch beibehalten⁷¹⁰⁾. Diese geringen Stärken sind bei gewöhnlichem Mörtel wohl nur bei nicht zu beträchtlicher Länge der Giebelwände und unter der Voraussetzung zulässig, daß abknüpfende Mittelmauern vorhanden sind. Sind letztere nicht vorhanden, sind die Giebelmauern lang und hoch, so müssen sie stärker und ähnlich den Frontmauern gehalten werden. Stehen sie dabei auch frei und begrenzen große und hohe Räume, wie bei Hallenbauten, so sind sie der Beanspruchung durch Winddruck angemessen und, wegen des Mangels an Verankerung, wie frei stehende Mauern zu berechnen.

314.
Brandmauern.

Die dem Nachbar zugekehrten Wände müssen, wenn sie an der Grenze oder in einer Entfernung von derselben stehen, die unter der durch die jeweiligen Baupolizei-Vorschriften fest gesetzten bleibt, als Brandmauern hergestellt werden. Sie dürfen als solche, auch im Dache, nicht unter 1 Stein stark gemacht werden, dürfen nur ausnahmsweise und unter vorgeschriebenen Sicherheitsvorkehrungen Oeffnungen erhalten und durch Holzwerk oder Schornsteine nur so weit beansprucht werden, daß die fest gesetzte Mindeststärke immer übrig bleibt; auch müssen sie über das Dach emporggeführt werden.

Der Ueberstand über das Dach ist verschieden geregelt. In Berlin soll er mindestens 20 cm, im Großherzogthum Hessen mindestens 40 cm betragen.

Auch in Bezug auf die sonstige Construction sind die Vorschriften für diese Mauern verschieden. Während z. B. im Großherzogthum Hessen nur allgemein bestimmt ist, daß die Stärke derselben im einzelnen Falle unter Berücksichtigung der Höhe der Gebäude, des Baumaterials, der Verbindung mit anderen Mauern, der Bestimmung des Gebäudes und der Decken-Construction fest zu setzen sei, können die Brandmauern in Sachsen nach der Baupolizei-Ordnung für Städte entweder in den für die Umfassungen überhaupt statthaften Mindeststärken oder, wenn dies mit dem Zweck vereinbar ist, mit durch Bogen oder Rollschichten verbundenen Schäften ausgeführt werden. Die Schilder müssen dabei im Dache mindestens

⁷⁰⁹⁾ Siehe: SCHOLZ, a. a. O.

⁷¹⁰⁾ Siehe: Baugwksztg. 1890, S. 152.

$\frac{1}{2}$ Stein, sonst in allen Gefchoffen 1 Stein stark gemacht werden; die Schäfte (Verfärkungspfeiler) haben im Dache 1 Stein, vom I. bis mit IV. Gefchofs von oben $1\frac{1}{2}$ Stein, im V. Gefchofs von oben 2 Stein Stärke zu erhalten. Bogen oder Rollschichten brauchen im Dache nicht, müssen aber sonst wenigstens alle zwei Gefchoffe in der Tiefe der Schäfte und 1 Stein stark hergestellt werden.

In Magdeburg ist die geringste Stärke der Brandmauer im Dach von der Höhe des Dachgiebels abhängig und kann 25 cm und 38 cm betragen, wozu ausserdem noch Verfärkungspfeiler treten können ⁷¹¹⁾.

Brandmauern von der Mindeststärke von 1 Stein werden oft auch zur Abcheidung feuergefährlicher Theile von Gebäuden oder zur Theilung langer Gebäude verlangt.

So müssen in Berlin 25 cm starke massive Brandmauern im Inneren der Gebäude in ganzer Tiefe und Höhe bis 20 cm über Dach auf je 40 m Entfernung aufgeführt werden; nur ausnahmsweise wird das Weglassen derselben mit Rücksicht auf den Nutzungszweck des Gebäudes gestattet.

In manchen Gegenden ist bei an einander stossenden Gebäuden die Ausführung von auf der Grenze stehenden gemeinschaftlichen Brandmauern (Commun-Mauern) gestattet; in Berlin ist dies nicht zulässig. Als geringste Stärke für alle Stellen der Mauer gilt auch in diesem Falle gewöhnlich 1 Stein. Die Verfärkungen in den unteren Gefchoffen springen nach beiden Seiten vor.

Im Königreich Sachsen können die gemeinschaftlichen Brandmauern in derselben Weise aufgeführt werden, wie die selbständigen, in 1 Stein starken Schildern mit Verfärkungspfeilern, welche symmetrisch zur Mittellinie der Schilder stehen, aber ohne Verbindung durch Bogen oder Rollschichten; im Dach müssen sie jedoch auch 1 Stein stark sein.

Die Knieftock- oder Drempelwände, also die bei den neueren städtischen Gebäuden zumeist vorhandenen Theile der Umfassungen über der Dachbalkenlage, sind zweckmäßiger Weise, auch bei hölzernen Hauptgesimsen, 1 Stein stark zu machen und nicht als $\frac{1}{2}$ Stein starke Verblendungen der sich an sie lehnenen, in Holz abgebundenen Kniewände des Dachgerüsts auszuführen. Bei massiven Hauptgesimsen genügt nur bei geringen Ausladungen derselben die Stärke von 1 Stein (vergl. hierüber Art. 301, S. 376).

Die geringste Dicke der Knieftockwände ist mitunter auch baupolizeilich vorgeschrieben, so in Darmstadt mit 25 cm.

Diejenigen Scheidewände der Gebäude, welche durch Balkenlagen belastet werden, nennt man in der Regel Mittelmauern (siehe Art. 1, S. 4). Die Beanspruchung derselben durch die Balkenlast ist gröfser, als die der Frontmauern, auch können sie nachtheiliger, als diese durch die Erschütterungen der Gebälke beeinflusst werden. Mit Rücksicht darauf aber, dafs in den Frontmauern die Druckfestigkeit des Materials nur zu einem geringen Theile in Anspruch genommen wird, dieselben dagegen dem Winddruck unmittelbar ausgesetzt und durch Oeffnungen mehr durchbrochen sind, als die Mittelmauern und diese den Witterungseinflüssen keinen Widerstand zu leisten haben, macht man sie in der Regel doch nicht stärker, als die Frontmauern im obersten Gefchofs, ja häufig noch schwächer. Nur bei sehr tiefräumigen Gebäuden und wenn die Mittelmauern viele Rauch-, Heiz- oder Lüftungs-Canäle aufzunehmen haben, geht man über das Mafs von $1\frac{1}{2}$ Stein hinaus. Dies sollte aber bei Gebäuden mit 5 bis 7 m tiefen und durchschnittlich 4 m hohen Räumen, für welche die Frontmauern im obersten Gefchoffe gewöhnlich auch mit $1\frac{1}{2}$ Stein bemessen sind, immer angenommen werden. Bei sehr guter Ausführung kann man dasselbe durch vier Gefchoffe beibehalten und braucht die Mittelmauern nur in noch tiefer liegenden Gefchoffen zu verstärken. Sind zwei den Frontwänden parallel laufende Mittelmauern

315.
Gemeinschaftliche Brandmauern.

316.
Knieftockwände.

317.
Mittelmauern.

⁷¹¹⁾ Siehe: Deutsches Bauwksbl. 1882, S. 502.

vorhanden, so kann man die den ersteren zunächst liegende schwächer halten oder wohl auch beide mit 1 Stein bemessen.

In Berlin muß mindestens die eine der beiden Mittelmauern $1\frac{1}{2}$ Stein stark gehalten werden.

In Darmstadt muß je nach der Größe der Gebäude mindestens eine der zur Balkenunterstützung erforderlichen Scheidewände massiv, und zwar wenigstens 1 Stein stark im obersten Geschosse, ausgeführt werden; ausgenommen hiervon sind einstöckige Gebäude.

Unzulässig erscheint es, Balken tragende Wände durch mehrere Geschosse hindurch nur $\frac{1}{2}$ Stein stark auszuführen, wenn auch in verlängertem Cement-Mörtel und unter Einschaltung von I-Trägern zur Auflagerung der Balken, wie dies in Hamburg geschehen soll⁷¹²⁾.

Erwähnung mag hier noch finden, daß nur in 2 Stein starken Mittelmauern die engen, fog. ruffischen Schornsteine ohne die oft recht störenden Vorsprünge bei den gewöhnlichen Querschnittsmassen und mit Einhaltung der in der Regel vorgeschriebenen geringsten Wanddicke derselben von 12 cm sich unterbringen lassen. Bei $1\frac{3}{4}$ Stein starken Mittelmauern wäre dies allerdings auch zumeist der Fall; diese können jedoch nur bei Bezug von geformten Dreiviertelsteinen hergestellt werden. Erfparnisse von Material lassen sich bei starken Mittelmauern oft durch Anordnung von überwölbten Nischen erzielen, die in untergeordneten Räumen, Vorplätzen und Flurgängen häufig nicht stören und unter Umständen zu Wandchränken ausgenutzt werden können.

318.
Scheidemauern.

Die nicht durch Balken belasteten Scheidemauern der Gebäude wird man in sehr vielen Fällen nur $\frac{1}{2}$ Stein stark zu machen brauchen und, da sie durch die Streichbalken eine feithliche Sicherung ihres lothrechten Standes erhalten, diese Stärke auch bis zu vier Geschossen gewöhnlicher Höhe auf 5 bis 6 m freie Länge beibehalten können. Es setzt dies aber die Verwendung von scharf gebrannten Steinen und Cement-Mörtel voraus.

In Berlin dürfen $\frac{1}{2}$ Stein starke Scheidewände nicht über 6 m lang gemacht werden⁷¹³⁾. Auch bei nur ein Stock hohen Wänden von dieser Länge sollte man immer wenigstens Kalk-Cement-Mörtel verwenden. In mehrstöckigen Gebäuden werden in solchen Wänden die Thüröffnungen über einander anzuordnen sein. Die Thürfländer gehen durch die ganze Höhe durch, werden durch die Streichbalken zangenartig gefaßt und zwischen diesen Hirnholz auf Hirnholz gefetzt.

Zur Trennung neben einander liegender Wohnungen empfiehlt sich immer die Anwendung von 1 Stein starken Wänden, eben so, wenn es sich darum handelt, das Durchhören von einem Raume nach dem anderen abzufchwächen, oder wenn genügender Schutz gegen Abkühlung bei anstossenden ungeheizten Räumen, wie Hausfluren, Treppenhäusern, Vorräumen u. f. w. geboten sein soll.

Ueber 1 Stein Stärke wird man bei Scheidemauern nur bei sehr großer Länge und Höhe gehen, so wie in denjenigen Fällen, wo in denselben viele Heiz- oder Lüftungs-Canäle unterzubringen sind, oder wo eine gewisse Sicherheit gegen Durchbruch geboten werden soll, oder wo man Hohlmauern zu errichten hat, die gegen Durchhören sichern sollen.

319.
Treppenhaus-
mauern.

Die Umfassungen der Treppenhäuser können zum Theile Front-, Mittel- und Querscheidemauern sein, je nach der Lage der Treppe im Gebäude. Je nach der Construction der letzteren können dieselben auch verschieden beansprucht und danach bemessen werden. Zu beachten ist auch, daß sie auf den Seiten, an welche sich die Treppenläufe legen, bei Holztreppe ganz frei stehen und sie durch die Benutzung derselben Erschütterungen erfahren, so wie daß man ihnen nach dieser Seite nicht

⁷¹²⁾ Vergl. die in Fußnote 706 (S. 389) mitgetheilte Quelle.

⁷¹³⁾ Nach: SCHOLZ, a. a. O.

gern Verstärkungen giebt, um den Treppenraum nach unten hin, wo er am meisten benutzt wird, nicht zu beschränken. Eine Ausnahme hiervon machen die Keller-treppen.

So weit die Treppenmauern Umfassungen sind, giebt man ihnen nach einer häufig angewendeten Regel auf die ganze Höhe als Stärke das Mittel aus der Dicke der übrigen Frontmauern im Erdgeschoss und obersten Geschoss. Sind dabei die Frontmauerstücke des Treppenhauses sehr lang und springen sie vor die Gebäude-flucht vor, so setzt man der gefundenen Mauerstärke noch $\frac{1}{2}$ Stein zu. Sind sie dagegen kurz, wie bei zweiläufigen Treppen gewöhnlicher Wohnhäuser, so kann man wohl auch in den drei oberen Geschossen $1\frac{1}{2}$ Stein als Dicke annehmen und von da an 2 Stein, wobei man die Verstärkung unter dem Ruheplatz aufhören läßt.

Die Treppenumfassungen, welche Balkenlagen aufnehmen, sind als Mittelmauern zu behandeln und daher in den vier oberen Geschossen $1\frac{1}{2}$ Stein stark zu machen, weiter aber, bei noch größerer Höhe, um $\frac{1}{2}$ Stein zu verstärken.

Geschoss	Wohngebäude					Fabrikgebäude				Wohngebäude	Fabrikgebäude
	Frontwand mit Oeffnungen und	Mittelwand mit Oeffnungen und	Giebelwand ohne Oeffnungen und	Hohe Wand mit	Giebelwand mit Oeffnungen, ohne	Frontwand mit Oeffnungen und	Mittelwand mit Oeffnungen und	Giebelwand ohne Oeffnungen, ohne	Hohe Wand ohne Oeffnungen mit	Treppenwand	
	Balkenlast					Balkenlast					
Dachgeschoss:											
IV. Obergeschoss:	38	38	25	38	25	38	38	25	38	25	25
III. Obergeschoss:	38	38	25	38	25	51	38	25	38	25	25
II. Obergeschoss:	51	38	25	38	38	51	38	38	51	25	25
I. Obergeschoss:	51	38	38	51	38	64	51	38	51	25	38
Erdgeschoss:	64	51	38	51	51	77	51	51	64	38	38
Kellergeschoss:	77	51	51	64	51	90	64	51	77	38	51
	90	64	64	77	64	103	77	64	90	51	64
	Centimeter					Centimeter				Centimeter	

Die nicht durch Balkenlagen beanspruchten Umfassungen kann man durch fünf Gefchoffe ⁷¹⁴⁾ hindurch 1 Stein stark machen. Diese Stärke reicht auch für steinerne Treppen aus, wenn die Stufen an beiden Enden unterstützt sind und beim Aufmauern der Wände mit verlegt werden. Sind sie nachträglich einzustemmen, so müssen die Mauern um $\frac{1}{2}$ Stein verstärkt werden. Dies muß auch bei frei tragenden steinernen Treppen geschehen, deren Seitenwände des Stufenaufagers wegen nicht unter $1\frac{1}{2}$ Stein gemacht werden dürfen.

In Berlin dürfen in Wohngebäuden bei zweiläufigen Treppen die Seitenwände in den oberen fünf Gefchoffen, bei Fabrikgebäuden nur in den vier oberen Gefchoffen 1 Stein stark gemacht werden, in den tiefer unten befindlichen Gefchoffen $1\frac{1}{2}$ Stein. Wenn das Treppenhaus breiter, als 2,5 m ist, wenn die Stufen eingestemmt werden, wenn außer den Thüren auf dem Hauptruheplatz noch Abortthüren auf dem Zwischenpodest vorhanden sind, und wenn die Mauern zur Aufnahme von Kochmaschinenträgern dienen, so sind die Mauern durchgängig 13 cm stärker zu machen ⁷¹⁵⁾.

Die mittlere Wangenmauer bei zweiläufigen, gerade gebrochenen Treppen ist in der Regel mit 1 Stein stark genug, da sie durch die eingebundenen Steinstufen mit den seitlichen Umfassungen verbunden wird.

Bei unterwölbten Treppen sind die als Widerlager dienenden Umfassungen nicht unter 2 Stein stark zu machen. Diese Stärke kann für drei auf einander folgende Gefchoffe beibehalten werden, ist weiter unten aber um $\frac{1}{2}$ Stein zu vermehren ⁷¹⁶⁾.

³²⁰
Berliner
Mauerstärken.

In der umstehenden Tabelle ⁷¹⁷⁾ geben wir Darstellungen der in Berlin von der Bau-Polizei genehmigten Mauerstärken für Wohn- und Fabrikgebäude.

β) Mauern aus verschiedenen Stoffen.

³²¹
Allgemeines.

Bei der Verwendung von anderen Baustoffen, als Backsteinen kann man die für die letzteren üblichen Mauerstärken nach den in Art. 298 (S. 374) gegebenen Verhältniszahlen für das gegebene Material umrechnen, ist dabei aber für das oberste Gefchoß an das geringste zulässige Maß gebunden. Wenn dieses auch oft größer ist, als für Backstein, so ist man dagegen gewöhnlich in der Lage, die in den unter einander folgenden Gefchoffen anzunehmende Verstärkung geringer als 13 cm ($\frac{1}{2}$ Stein) bemessen zu können. Namentlich gilt dies für regelmäsig bearbeitete und großstückige Steine, bei welchen Mauerlatten häufig nicht angewendet werden, und überhaupt für alle Fälle, in denen die Mauerlatte weggelassen werden kann und die Größe der Mauerabätze nicht durch das Format und die Masse der Steine bedingt ist.

Bei den geringwerthigen Mauerstoffen, deren geringe Festigkeit oder unregelmäßige Gestalt große Mauerdicken bedingen, ist man trotz der letzteren in der Anzahl der über einander aufführbaren Gefchoffe und damit in der Gesamthöhe der Mauern beschränkt.

³²²
Quader.

Reines Quadermauerwerk wird nur selten in Deutschland angewendet, und dann zumeist nur bei Gebäuden von Verhältnissen, die nicht den gewöhnlichen entsprechen, so daß übliche Mauerstärken nicht angegeben werden können. Die den Quadermauern zu gebende Stärke ist daher nach den vorhandenen Bedingungen im einzelnen Falle zu beurtheilen.

Das häufig vorkommende Mauerwerk mit Quaderverkleidung ist nach dem

⁷¹⁴⁾ Nach: SCHOLZ, a. a. O.

⁷¹⁵⁾ Siehe: Baugwksztg. 1890, S. 152.

⁷¹⁶⁾ Siehe: SCHOLZ, a. a. O.

⁷¹⁷⁾ Nach: Baugwksztg. 1890, S. 152.

Material der Hintermauerung zu beurtheilen und diesem entsprechend in der Dicke zu bemessen.

Gutes Schichtsteinmauerwerk ist gutem Backsteinmauerwerk gleichwerthig. Für Wohngebäude wird man aber die Umfassungen der obersten Geschosse, wegen der besseren Wärmeleitungsfähigkeit der natürlichen Steine, in der Mauerdicke nicht auf das bei Backsteinen noch unter Umständen zulässige geringste Maß von 1 Stein herabsetzen dürfen, sondern das von $1\frac{1}{2}$ Stein, das sich für Schichtsteine zu etwa 40 cm stellt, anwenden müssen. Etwas darunter kann man gehen, wenn man, wie dies durchaus zweckmäßig erscheint, das Schichtsteinmauerwerk auf der Innenseite $\frac{1}{2}$ Stein stark mit guten Backsteinen verkleidet, wobei aber auf guten Verband zwischen Schichtstein- und Backsteinmauerwerk zu achten ist. Man erhält dann für das oberste Geschoss ungefähr 35 cm Mauerdicke der Umfassungen. Mauerlatten läßt man im Allgemeinen weg. Da man aber in der Bemessung der Verstärkungsabfätze nicht gebunden ist und bei denselben bis auf 5 cm herabgehen kann, so empfiehlt sich dennoch die Verstärkung der Mauern in allen Geschossen. Alle angegebenen Maße sind übrigens von den üblichen Schichtsteinabmessungen und den etwaigen Baupolizei-Vorschriften abhängig.

323-
Schichtsteine.

Im Königreich Sachsen müssen die frei stehenden Umfassungen aus regelmäßig bearbeiteten Steinen (Sandstein-Grundstücken u. dergl.) bei mehrgeschossigen Gebäuden, deren Stockwerke nicht über 6 Ellen (= 3,4 m) Höhe haben, wenigstens folgende Stärke erhalten:

Im Dach 8, bzw. 10 Zoll (= 0,189 m oder 0,236 m), mit Schäften von 16, bzw. 20 Zoll Stärke (= 0,378 m oder 0,472 m);

im I. Stockwerke, von oben gerechnet, 10 Zoll Stärke (= 0,236 m), mit Schäften von mindestens 16 Zoll Stärke (= 0,378 m);

im II. Stockwerke, desgl., 16 Zoll (= 0,378 m);

im III. Stockwerke, desgl., 20 Zoll (= 0,472 m);

im IV. Stockwerke, desgl., 22 Zoll (= 0,519 m);

im V. Stockwerke, desgl., 24 Zoll (= 0,566 m).

Als geringste Dicke von Brandmauern gilt auch im Allgemeinen die von 25 cm, wie bei Backsteinen, obgleich die letzteren zumeist feuerficherer sind, als die natürlichen Steine.

Scheidemauern kann man nicht schwächer machen, als die Schichtsteine dick sind. Für stärker auszuführende Mittelmauern empfiehlt sich jedoch als Dicke diejenige zu wählen, die sich durch das scharfe Aneinandermauern der Läuferreihen, gewöhnlich zwei, ergibt. Ein geringerer Stärkezuwachs, als eine Läuferstärke, bedeutet für die Festigkeit keinen wesentlichen Gewinn, da er, abgesehen von den Durchbindern, durch Füllsteine und Mörtel bewirkt wird.

Für lagerhafte Bruchsteine und Luftmörtel gilt als geringste Mauerdicke 40 bis 45 cm, welche man nach der Geschosszahl um so viel zu verstärken hat, als dies im Verhältniß zu Backstein unter sonst gleichen Umständen erforderlich ist. Die Größe der Mauerabfätze darf dabei aber nicht geringer als 10 cm genommen werden, da in der Regel Mauerlatten in Anwendung gelangen. Ein oft angewendetes Maß für die Abatzbreite ist 15 cm. In der Zahl der Geschosse geht man nicht gern über drei hinaus.

324-
Lagerhafte
Bruchsteine.

Ganz ähnlich verfährt man bei Mauern aus unregelmäßigen Bruchsteinen; nur daß die Mindestdicke 50 bis 60 cm beträgt und die Höhe selten über zwei Geschosse genommen wird. Bei größerer Höhe ist die abatzweise Einschaltung durchbindender Schichten aus regelmäßigem Material erforderlich (vergl. Theil III, Band I, Art. 78, S. 65 dieses »Handbuches«).

325-
Unregelmäßige
Bruchsteine.

326.
Beton.

Mittelguter Portland-Cement-Beton wird gutem Backsteinmauerwerk in Luftmörtel gleichwerthig erachtet. Man hat jedoch gefunden, wie schon in Art. 300 (S. 376) erwähnt wurde, daß genügender Schutz gegen Niederschlag von Feuchtigkeit und Wärmewechsel von den Umfassungsmauern nur bei 25 bis 30 cm Stärke gewährt wird, wobei noch ein Putz mit Portland-Cement-Mörtel und sorgfältige Arbeit vorausgesetzt werden müssen. Ist letztere Bedingung erfüllt, so kann dann diese Mauerstärke durch drei Gefchoffe beibehalten werden, wie verschiedene im Braunschweigischen errichtete Gebäude beweisen, welche in drei Gefchoffen 30 cm starke Umfassungen haben ⁷¹⁸). Die Scheidewände sind bei diesen Gebäuden durchgängig 20 cm stark gehalten worden; nur bei einem derselben bekam die Langscheidemauer 25 cm. Dabei wurden mehrere dieser Gebäude in der schwerer zu beaufsichtigenden Herstellungsweise mit Packung (vergl. Art. 133, S. 130) ausgeführt.

In England kommen wohl noch geringere Mauerstärken in Anwendung, jedenfalls aber nicht in London, wo (vergl. Art. 134, S. 132) bei der vorgeschriebenen sehr fetten Mischung des Stampf-Betons die Mauerstärke wenigstens gleich der Stärke der Ziegelmauern sein soll. Die Ueberwachungsgebühr des Bezirks-Baubeamten beträgt dabei um die Hälfte mehr, als bei anderen Gebäuden.

Da so sorgfältige Ausführung und Beaufsichtigung, wie sie für die angegebenen geringen Mauerdicken verlangt werden müssen, nicht immer vorausgesetzt werden können, so finden sich denn auch mehrfach Betongebäude, namentlich solche mit mageren Betonmischungen, mit stärkeren Mauern ausgeführt.

So sind bei einem in Elbing ausgeführten, aus Keller-, Erdgefchofs und einem theilweise als Kniestock behandelten Obergefchofs bestehenden Wohnhause die Umfassungsmauern im Keller 0,65 bis 0,52 m, im Erdgefchofs 0,52 bis 0,40 m, die Scheidewände im Keller 0,52 bis 0,25 m, im Erdgefchofs 0,47 bis 0,13 m stark. Die Umfassungsmauern des Erd- und Dachgefchofs bestehen hier aus Kunitsteinblöcken von gepflastertem Beton.

Aehnliche Mauerstärken finden sich auch bei anderen westpreussischen Gebäuden und auch in Württemberg. So hat ein in Ravensburg errichtetes Wohnhaus im Fundament 1,00 m, Kellergefchofs 0,80 m, Erdgefchofs 0,60 m, Obergefchofs 0,45 m und im Kniestock 0,40 m Mauerstärke ⁷¹⁹). Es sind dies Maße, die über die im Backsteinbau üblichen hinausgehen.

327.
Kalksand-
Stampfmasse.

Nach Engel ⁷²⁰) macht man bei zweigechoffigen Gebäuden aus Kalksand-Stampfmasse (vergl. Kap. 5, b, S. 123 u. ff.) die Umfassungsmauern des oberen Gefchofs 14 bis 20 Zoll preufs., also ungefähr 37 bis 52 cm, die des unteren Gefchofs 20 bis 24 Zoll, also 52 bis 63 cm stark. Die durch Balkenlagen beanspruchten Scheidewauern sollen eben so stark, die übrigen Scheidewauern 1 Fufs preufs. (= 0,314 m) dick gemacht werden. Diese Maße gelten für eine durchschnittliche Gefchofshöhe von 12 Fufs (= 3,766 m) und für Verwendung von Luftkalk; bei hydraulischem Kalk soll die Dicke der Backsteinmauern genügen.

Nach Menzel ⁷²¹) soll man den Mauern bis zu 3 m Höhe etwa $\frac{1}{8}$ der Höhe zur Stärke geben und für jedes Meter mehr 4 cm zusetzen.

328.
Erd- und Lehm-
Stampfmasse.

Nach Engel ⁷²²) hat man die Umfassungsmauern von Gebäuden aus Erd- und Lehm-Stampfmasse (vergl. Kap. 5, a, S. 114 u. ff.) bei 24 Fufs preufs. (= 7,53 m) Tiefe und 8 Fufs (= 2,51 m) Höhe 1,5 Fufs (= 0,47 m) stark zu machen und für jeden Fufs mehr Höhe und Tiefe bis zu 44 Fufs Tiefe (13,81 m) und 16 Fufs Höhe (= 5,02 m) ungefähr 1 Zoll (= 2,6 cm) zuzusetzen, wobei vorausgesetzt ist, daß die Gebäude eine Mittelmauer von mindestens 0,47 m Dicke haben. Bei mehrgeschoffigen

⁷¹⁸) Vergl.: Zeitschr. f. Baukde. 1881, S. 523.

⁷¹⁹) Siehe ebendaf., S. 529, 533.

⁷²⁰) In: Der Kalk-Sand-Fließbau. 3. Aufl. Berlin 1864. S. 68.

⁷²¹) In: Der Steinbau. 8. Aufl. Leipzig 1882. S. 154.

⁷²²) In: Die Bauausführung. Berlin 1881. S. 241.

Gebäuden gelten diese Mafse für das obere Gefchofs; jedes untere ist um 16 cm stärker in den Mauern anzulegen. Giebelwände eingeschoffiger Gebäude haben 42 cm Stärke zu erhalten; für jedes untere Gefchofs sind ebenfalls 16 cm zuzusetzen. Scheidewände ohne Belastung sollen mit 31 cm stark genug sein.

Erd-Stampfmauern dürfte man übrigens selten über zwei Gefchoffe hoch machen.

Nach der gewöhnlichen Annahme sind Mauern aus Lehmsteinen $1\frac{3}{4}$ -mal (vergl. Art. 298, S. 375) so stark als Backsteinmauern zu machen. Abweichend sind die Angaben von *Engel*⁷²³⁾, nach welchem von sorgfältig angefertigten und darauf ausgetrockneten Lehmsteinen die Mauern nicht stärker, als von gebrannten Ziegeln gemacht zu werden brauchen. Es sollen die Außen- und Mittelmauern eingeschoffiger Gebäude mit $1\frac{1}{2}$ Stein, Scheidewände mit 1 Stein hinreichend stark sein.

329.
Lehmsteine.

Nach einer anderen Quelle⁷²⁴⁾ wäre die Stärkenbestimmung, wie bei gebrannten Steinen, nach der Steinzahl vorzunehmen und die durch die größeren Abmessungen der Lehmsteine sich ergebende Verstärkung ausreichend.

Als genügend dürften diese Mafse aber nur für sehr geringe Höhen- und Tiefenabmessungen der betreffenden Räume zu erachten sein.

γ) Grundmauern.

Die Stärke der Grundmauern gewöhnlicher Gebäude kann man in der Regel ohne Rücksicht auf das gegebene Material bestimmen, weil zumeist bei denselben die für die verschiedenen Materialien noch zulässigen geringsten Mauerstärken überschritten werden. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Grundmauern eingeschoffiger Gebäude, so wie oft die unbelasteten Scheidewände, deren Grundmauern man daher auch häufig aus regelmäfsig geformten Steinen herstellt, um die für die unregelmäfsig gestalteten nöthigen größeren Dicken zu vermeiden.

330.
Allgemeines.

Manche der für die Gefchofsmauern unter Umständen verwendbaren Materialien, wie Lehm-Stampfmasse und Lehmsteine, können wegen ihres ungenügenden Widerstandes gegen Feuchtigkeit für Grundmauern nicht in Betracht kommen. Andere Materialien, die wegen ihrer stofflichen Eigenschaften hierfür ganz geeignet wären, wie gut gebrannte Backsteine oder unregelmäfsige, feste, aber kleine Bruchsteine, sind wegen der geringen Gröfse der Stücke weniger brauchbar, als die grofstückigen Bausteine, welche durch ihre Gröfse das gleichmäfsige Uebertragen der Gebäudelast auf den Baugrund begünstigen. Diesen Vortheil besitzen auch grofse, unregelmäfsige Bruchsteine, wenn sie mit ausreichender Sorgfalt vermauert werden (vergl. Art. 68, S. 83).

Eine gute Lagerung der Steine ist auch bei regelmäfsiger Gestalt derselben für Grundmauern unbedingt erforderlich, wenn Luft-Kalkmörtel oder Mörtel von schwach hydraulischem Kalke zur Verwendung gelangt oder wenn sie als Trockenmauerwerk aufgeführt werden. Sie ist dagegen von geringerer oder wohl auch keiner Bedeutung bei Mörteln von stark hydraulischen Bindemitteln, welche in kurzer Zeit hohe Festigkeit erreichen, wie Portland-Cement. Deshalb sind Cement-Beton, Cement-Bruchstein- oder Cement-Backsteinmauerwerk als sehr brauchbar für Grundmauern zu bezeichnen. Aber auch bei diesen Materialien ist die geringste Stärke der Grundmauern zunächst nicht von der Druckfestigkeit der betreffenden Mauerwerksart, sondern von der Dicke

⁷²³⁾ Ebendaf., S. 203.

⁷²⁴⁾ Zeitfchr. f. Bauhdw. 1858, S. 35.

der auf ihnen stehenden Gefchofsmauern abhängig. Einfluss auf dieselbe haben dann allerdings noch die Rücksicht auf genügende Standfähigkeit des ganzen Bauwerkes, etwaige seitliche Beanspruchungen der Grundmauern durch Erddruck oder Gewölbeschub, so wie die Rücksicht auf die Tragfähigkeit des Baugrundes.

Von größerer Einwirkung, als auf die Stärke, ist die Beschaffenheit der Bausteine auf die Gestalt der Grundmauern.

Die untere Breite der Grundmauern ist von der zulässigen Druckbeanspruchung des Baugrundes abhängig; sie ist gewöhnlich größer als die obere Breite zu machen. Diese Verbreiterung (vergl. über dieselbe den vorhergehenden Band dieses »Handbuches« Art. 363, S. 251, so wie Art. 68, S. 84 des vorliegenden Heftes) wird nun nach dem gegebenen Material verschieden vorgenommen werden können. Bei Verwendung von unregelmäßigen oder lagerhaften Bruchsteinen kann sie ohne besondere Schwierigkeiten stetig, also mit Böschung bewirkt werden, bei regelmäßig geformten Steinen und Beton dagegen zweckmäßiger in Abfätzen. Auch der Vorsprung dieser Abfätze ist vom Material abhängig. Bei Backsteinen ist er zu $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stein zu bemessen, bei Schichtsteinen und Quadern ist die Dicke derselben von Einfluss auf ihn. Ueberhaupt muss die Höhe der Abfätze in einem angemessenen Verhältniss zu deren Breite stehen, wie am oben angegebenen Orte nachgewiesen worden ist. Die Zahl der Abfätze ist von der Höhe der Grundmauern und dem Mafß der nothwendigen Verbreiterung abhängig. Ist die letztere groß, die Höhe dagegen gering, so kann dadurch eine Verstärkung der Erdgefchofsmauer oder des Sockels bedingt werden. Selbstverständlich wird man die Zahl der Abfätze möglichst einzufchränken und wo möglich mit einem einzigen, dem sog. Bankett oder der Grundbank, auszukommen suchen.

Von Einfluss auf die Gestalt der Grundmauern ist ferner die Anordnung eines Untergehofes oder Kellers innerhalb derselben. Auf der Innenseite sind dann Abfätze oder Böschungen unzulässig und nur unter dem Fußboden ausführbar. Auf der Außenseite der Umfassungen können dieselben zur Anwendung gelangen. Ob sie aber da empfehlenswerth sind, muss nach der Beanspruchung der Mauer durch Druck oder Seitenschub beurtheilt werden.

Um eines möglichst gleichmäßigen Setzens des Grundmauerwerkes sicher zu sein, muss bei gleichartigem Baugrund und einer überall gleichen Belastung die Mittelkraft aus sämmtlichen wirkamen Kräften durch den Basis-Schwerpunkt hindurchgehen⁷²⁵). Bei den gewöhnlichen Gebäuden mit Balkenlagen als Zwischendecken wird für die Umfassungsmauern diese Mittelkraft mehr nach innen, als nach außen zu liegen und durch den Winddruck noch mehr dahin gedrückt werden, so dass dann die Verbreiterung des Fundamentes nach innen zu angezeigt erscheint und daher die Anordnung von äußeren Abfätzen im Allgemeinen hierbei unzweckmäßig sein würde.

Zur Grundmauer von Umfassungen ist als oberster Theil derselben die Sockel- oder Plinthenmauer, also das über die äußere Bodenfläche emporragende, bis zum Erdgefchofs-Fußboden reichende Mauerstück zu rechnen.

Diese erhält, einem allgemeinen ästhetischen Grundgesetze zufolge, welches auf einem richtigen statischen Gefühle beruht, einen Vorsprung vor der äußeren Flucht der Erdgefchofsmauer, welcher in seiner Größe von der architektonischen Ausbildung des Gebäudes abhängig ist und durch den im Boden steckenden Theil der Grundmauer voll unterstützt sein soll.

Die, wie schon in Art. 330 erwähnt wurde, bei Gebäuden mit Balkenlagen als

³³¹.
Obere Stärke
der Grund-
mauern.

⁷²⁵) Siehe Theil III, Bd. 1 (Art. 364, S. 252) dieses »Handbuches«.

Zwischendecken mehr nach der Innenseite zu liegende Drucklinie der Erdgeschossmauer verlangt auch auf dieser eine Verstärkung der Sockelmauer. Als Summe dieser beiden Vorsprünge nimmt man mindestens $\frac{1}{2}$ Stein an. Ist jedoch das Sockelgeschofs oder der Keller auch mit einer Balkenlage überdeckt, so ist der Vorsprung auf der Innenseite allein zu $\frac{1}{2}$ Stein zu bemessen.

Unmittelbar an der Nachbargrenze stehende Giebelmauern können den Vorsprung nur auf der Innenseite erhalten, gemeinschaftliche Giebel- oder Brandmauern dagegen gleichmäßig vertheilt nach beiden Seiten.

Mittel- und Scheidemauern von Untergeschossen können in ihrer Stärke nach den Regeln bemessen werden, die für Obergeschosse gelten; dieselbe hat sich also nach der Zahl der über ihnen befindlichen Stockwerke, bezw. nach der Beanspruchung auf Druck und Erschütterungen zu richten. Häufig verstärkt man sie jedoch durchgängig um $\frac{1}{2}$ Stein, und zwar gleich vertheilt für beide Seiten. Dies findet immer für die im Boden steckenden Theile dieser Grundmauern statt, so wie dann, wenn kein Untergeschofs vorhanden ist.

Bei Verwendung von Bruchsteinen bemisst man die Verstärkung oft zu 15 cm.

Die Breite der Mauerfohle, also die unterste Breite der Grundmauer, ist nach der zulässigen Druckbeanspruchung des gegebenen oder verbesserten Baugrundes zu beurtheilen. Zu ihrer Bestimmung ist daher die Last, welche durch die Grundmauer auf den Baugrund übertragen werden soll, zu berechnen. Die Belastung der Flächeneinheit der Sohle darf die größte zulässige Druckbeanspruchung des Baugrundes nicht überschreiten, wobei bei hohen Bauwerken die zufällige Vergrößerung der Beanspruchung durch Winddruck nicht außer Acht zu lassen ist.

332.
Breite der
Mauerfohle.

Die Rücksicht auf gleichmäßiges Setzen der Gebäude verlangt bei gleichmäßig prefsbarem Baugrund, daß auf die ganze Ausdehnung der Fundamentfohle der Druck auf die Flächeneinheit überall derselbe sei. Dies führt nicht nur auf eine verschiedene Breite der Sohle für die verschiedenen Mauern, sondern auch mitunter auf verschiedene Breiten derselben innerhalb des gleichen Mauerzuges.

Ueber die Grundlagen zur Berechnung der Breite der Fundamentfohle nach ihrer Druckbeanspruchung ist auf den vorhergehenden Band (Art. 363, S. 250) dieses »Handbuches« zu verweisen.

Ergiebt die Berechnung, daß die obere Breite der Grundmauer für den gegebenen Baugrund ausreichen würde, so ist eine Verstärkung nach unten, also auch ein Bankett überflüssig, es sei denn, daß die Rücksicht auf Standfähigkeit eine solche geböte, was nach der Lage des Angriffspunktes des Druckes in der Sohle zu beurtheilen ist (vergl. hierüber den gleichen Band, Art. 356, S. 246).

Oft ist die zulässige Druckbeanspruchung eines Baugrundes nicht bekannt oder durch Baupolizei-Vorschriften nicht fest gestellt, so daß einer Berechnung der Sohlenbreite Schwierigkeiten entgegenstehen. Man ist dann in der Bemessung derselben auf die Erfahrungen angewiesen, die in der Nachbarschaft des Bauplatzes unter ähnlichen Verhältnissen gemacht wurden.

Auch in dieser Beziehung sind Regeln aufgestellt worden, die aber wesentlich von einander abweichen. Es sei hier nur die Regel von *Gilly*⁷²⁶⁾ angeführt, nach welcher für gewöhnliche Fälle und bei festem Baugrund die Sohlenbreite $\frac{1}{5}$ der Höhe der Grundmauer mehr, als die obere Breite betragen soll.

⁷²⁶⁾ Nach: BREYMAN, G. A. Allgemeine Bauconstructionslehre u. f. w. Theil I. 5. Aufl. Stuttgart 1881. S. 284.

333.
Abgetreppte
Grundmauern.

Wie schon in Art. 330 (S. 398) erwähnt wurde, wird die Verstärkung der Grundmauern nach der Sohle zu bei regelmässig geformten Bausteinen zumeist in Abfätzen vorgenommen. Einfachsten Falles bestehen diese in einem Bankett, welches bei einem vorhandenen Untergechofs immer unter dem Fussboden desselben zu liegen hat und auch unter den Thüröffnungen hinweggeführt wird.

Die Höhe des Banketts wird zu 30 bis 60 cm angenommen, der jederseitige Vorsprung zu 15 bis 20 cm, wenn natürliche Steine dazu Verwendung finden. Bei Ausführung in Backsteinen müssen die Abfätze $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{2}$ Stein Vorsprung erhalten; doch darf niemals eine Abtreppe angewendet werden, in welcher die Abfätze nur 1 Schicht hoch sind; diese Höhe muss zum mindesten 2 Schichten betragen (vergl. Art. 68, S. 83).

Sind ausser dem Bankett noch mehr Abfätze nothwendig, so werden diese unter Festhaltung des Grundsatzes, dass der Vorsprung nicht grösser als die Abfatzhöhe sein darf, auf die Grundmauerhöhe vertheilt. Die Vorsprünge werden dabei, wenn die Mauern in den Boden eingeschnitten sind, in der Regel gleichmässig auf beide Seiten vertheilt, wenn nicht mit Rücksicht auf die besonderen Anforderungen der Standfähigkeit Anderes erwünscht ist.

Ist ein Untergechofs vorhanden, so können Abfätze im Inneren desselben nicht angewendet werden. Verstärkungen fallen dabei bei Frontmauern ganz auf die Aussenseite, wenn dies zulässig ist (vergl. Art. 330, S. 398), oder man muss auf der Innenseite die Verstärkung auf die ganze Höhe ausführen, um glatte Wandflächen zu erhalten.

334.
Geböchte
Grundmauern.

Bei Verwendung von Bruchsteinen ist die Ausführung von geböchten Grundmauern ohne Schwierigkeiten zu bewerkstelligen, wie schon in Art. 330 (S. 398) erwähnt wurde.

Selbstverständlich ist die Böschung auf beiden Seiten der Mauer nur zulässig, wenn kein Untergechofs vorhanden ist. Auf der Aussenseite der Umfassungsgrundmauern hat sie gegenüber den Abfätzen den Vortheil, dass sich kein Wasser festsetzen kann, sondern dasselbe zum Abfliessen nach unten gezwungen ist. Deshalb wäre es auch für die Abfätze immer vortheilhaft, dieselben oben abzufschragen.

Als Mass der Böschungsausladung wird für jede Seite etwa $\frac{1}{6}$ der Höhe angenommen. Oft wird unter dem geböchten Mauertheile noch ein Bankett angeordnet.

335.
Erddruck
und
Gewölbefchub.

Gewöhnlich ist die mit Rücksicht auf die zulässige Beanspruchung des Baugrundes und auf das über der Erde befindliche Mauerwerk mehrgeschossiger Gebäude fest gestellte Dicke der Mauern auch ausreichend, um dem einseitigen Erddruck oder Gewölbefchub, dem dieselben ausgesetzt sein können, genügend Widerstand zu leisten.

In aussergewöhnlichen Fällen, z. B. bei tief in den Boden hineinreichenden Kellern unter leichten Gebäuden, sind statische Untersuchungen zur Ermittlung der Dicke und geeignetsten Gestalt der Mauer anzustellen. Wegen der Untersuchungen in Bezug auf den Gewölbefchub sei hier auf Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Abschn. 5⁷²⁷) dieses »Handbuches«, so wie auf das in Theil III, Band 2, Heft 3 folgende Kapitel über Stärke der Gewölbe, Widerlager und Pfeiler verwiesen.

Ueber die Stärke der dem Erddruck ausgesetzten Mauern finden sich Angaben in Theil III, Band 6 dieses »Handbuches« (Abth. V, Abschn. 2, Kap. 1).

Es mag hier noch die Bemerkung Platz finden, dass es nicht angängig ist, bei Grundmauern, die einerseits vom Erddruck, andererseits vom Gewölbefchub bean-

⁷²⁷⁾ 2. Aufl.: S. 246.

spricht werden, zu Gunsten einer Verringerung der Mauerdicke ein gegenseitiges Aufheben dieser Schübe anzunehmen; denn der Erddruck kann veränderlich sein oder durch Abgraben des Bodens wohl ganz aufgehoben werden.

b) Wandverstärkungen.

Ersparnisse bezüglich des Materialaufwandes lassen sich bei der Herstellung von Bauwerken dadurch erzielen, daß man den Mauern nicht auf ihre ganze Länge und Höhe eine ihrer Beanspruchung angemessene gleiche Dicke giebt und sie nicht immer nur in dem gleichen Material aufführt, sondern sie an geeigneten Stellen verstärkt.

336.
Vorbemerkung.

Diese Verstärkungen können entweder in einer Vergrößerung der Standfestigkeit durch geschickte Anordnung des Grundrisses oder des Querschnittes der Mauer oder durch geeignete Verbindung mit anderen Constructionstheilen bestehen, oder sie können auf Erhöhung der Festigkeit der ganzen Mauer durch passende Vertheilung von festerem und weniger festem Material abzielen. Beide Verstärkungsweisen können auch gleichzeitig in Anwendung kommen.

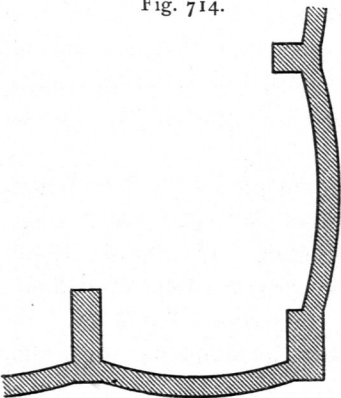
1) Verstärkung der Standfestigkeit.

Die Standfestigkeit eines Mauerkörpers kann erhöht werden, indem man, gleiche Querschnittsgröße vorausgesetzt, von der gewöhnlichen rechteckigen Querschnittsform abgeht und ihn nach oben hin verjüngt. Es wird damit nicht nur der Schwerpunkt desselben tiefer gerückt, sondern auch die Aufstandsfläche verbreitert und damit das Kippen um eine Kante erschwert. Zu den Mitteln, eine Verjüngung des Querschnittes herbeizuführen, gehören die Anordnungen von Sockelvorsprüngen, Böschungen, Abtreppungen und die Abschwächung der Mauern in den oberen Geschossen. Diese Mittel sind im Vorhergehenden schon mehrfach besprochen worden und bedürfen daher hier keiner weiteren Erörterungen.

337.
Uebersicht.

Die Gestaltung des Grundrisses einer Mauer ist in so fern auf die Standfestigkeit von Einfluß, als durch Anordnung von Vorsprüngen in passenden Abständen, den Pfeilervorlagen und Strebepfeilern, dieselbe erhöht wird, indem unter Verringerung der Masse der Abstand der Schwerlinie des ganzen Mauerkörpers von der Drehkante eine Vergrößerung gegenüber dem bei einer gleich dicken Mauer ohne Strebepfeiler erfährt. Damit ist in der Regel auch eine Raumerparnis, jedoch andererseits auch eine verhältnismäßig theuerere Ausführung verbunden.

Fig. 714.



Auch die zwischen den Pfeilern befindlichen Mauerfelder, die Mauerfelder, können durch ihre Grundrißbildung zur Vergrößerung der Standfestigkeit herangezogen werden, indem man sie gekrümmt herstellt und ihre gewölbte Seite der Richtung der angreifenden Kraft zukehrt. Die Wirkung der letzteren wird dadurch auf die Seiten der Pfeiler übertragen und hebt sich in diesen gegenseitig auf, sobald es sich um Zwischenpfeiler handelt. Bei den Endpfeilern der Mauer ist dies nicht der Fall; dieselben müssen daher entsprechend stärker gemacht werden.

Eine Anordnung dieser Art zeigen die Umfassungsmauern des Kellergeschosses der *St. James's Electric Light Central Station* zu London (Fig. 714⁷²⁸).

Einen ähnlichen Erfolg kann man dadurch erzielen, daß man die der angreifenden Kraft abgekehrte Seite der Mauerfelder im Bogen in die Pfeilervorprünge überführt. Die Schilder verstärken sich hierbei allmählig nach den Pfeilern zu.

Erhöhte Standficherheit der Mauern kann auch durch geeignete Verbindung mit anderen Constructionstheilen erzielt werden, und zwar indem die letzteren entweder dadurch zum Widerstand gegen Beanspruchungen mit herangezogen werden oder indem sie diese ganz aufnehmen. Im ersten Falle findet die Ueberleitung des Druckes — hier kommen nur der Winddruck und die Beanspruchung durch Erschütterungen oder ungleichmäßige Bodenfenkungen in Betracht — von einer Mauer auf die andere, und damit die Vertheilung desselben, durch Balkenlagen oder Gurtbogen oder Strebebogen oder Verankerungen statt. Im zweiten Falle wird eine Entlastung der Mauer von lothrechten Drücken oder Seitenschüben durch vor- oder eingelegte Stützen aus Holz oder Eifen herbeigeführt, welche dieselben aufzunehmen haben.

Von einer Besprechung der Gurt- und Strebebogen kann hier abgesehen werden, da diese besser an die der Gewölbe-Constructionen (siehe Theil III, Band 2, Heft 3 dieses »Handbuches«) sich anschließt. Das Gleiche gilt in der Hauptsache von den Pfeilervorlagen und Strebepfeilern. Auch die Verankerungen mit anderen Constructionstheilen finden naturgemäfs ihre Behandlung bei den Balkendecken, Gewölben (siehe im gleichen Hefte) und Sicherungen gegen Erdererschütterungen und Bodenfenkungen (siehe Theil III, Band 6 dieses »Handbuches«, Abth. V, Abschn. 1, Kap. 3). Ebenso verhält es sich mit den Mauern zur Entlastung von lothrechten Drücken oder Seitenschüben ein- oder vorgelegten Constructionstheilen von Eifen und Holz, welche zu den Stützen der Balkendecken und Gewölbe gehören.

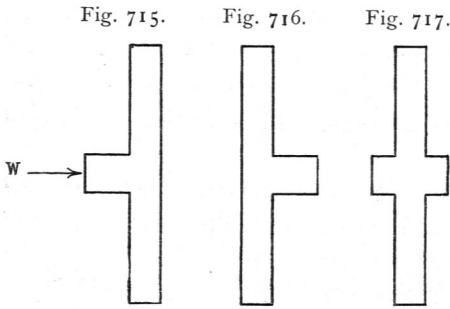
Es bleiben daher für die Besprechung an diesem Orte nur die mit Rücksicht auf den Winddruck angeordneten Mauerpfeiler übrig.

338.
Pfeilervorlagen
und
Strebepfeiler.

Pfeilervorlagen und Strebepfeiler sind nicht wesentlich von einander verschiedene, lothrecht aufsteigende Mauervorprünge. Die Pfeilervorlagen (Wandpfeiler, Lifenen) behalten gewöhnlich ihre Breite und Dicke auf ihre ganze Höhe bei und sind häufig unter dem oberen Mauerabschluss unter einander durch eben so weit vorspringende Rollschichten oder Bogenfriese oder Bogen verbunden. Im letzteren Falle bilden sich in den Mauern Nischen oder Blenden. Die Strebepfeiler läßt man häufig in der Breite, namentlich aber in der Gröfse des Vorsprunges nach oben hin abnehmen; sie endigen entweder unter dem oberen Mauerabschluss, oder sie verkröpfen sich mit demselben oder durchschneiden ihn; felten sind sie unter ihm mit einander verbunden, obgleich auch solche Verbindungen vorkommen, die dann aber gewöhnlich nur auf einen Theil des Vorsprunges ausgeführt werden.

In Bezug auf die Lage des Vorsprunges der Verstärkungspfeiler zu den Mauern des Gebäudes sind drei Fälle zu unterscheiden; der Vorsprung fällt ganz nach ausen oder ganz nach innen, oder er vertheilt sich auf beide Seiten. Die für die Standficherheit vortheilhafteste Lage des Vorsprunges bei einer einzeln stehenden Mauer muß die der Krafrichtung abgekehrte sein (Fig. 716). Für den Winddruck, der hier allein in das Auge zu fassen ist, wäre diese bei einem Gebäude der Vorsprung

⁷²⁸) Nach: *Engineer*, Bd. 70, S. 188.



nach innen. Da aber der Wind von verschiedenen Seiten kommen und von der getroffenen Mauer auf die gegenüber stehende übertragen werden kann, auf welche auch je nach der Steilheit des Daches mehr oder weniger vom Wind Schub des letzteren abgegeben wird, so ist bei geschlossenen Gebäuden dem Vorsprung des Pfeilers nach außen (Fig. 715) der Vorzug zu geben. Hierbei ist eine solche Verbindung von Mauerchildern

und Pfeilern vorausgesetzt, dass beide zusammen den erforderlichen Widerstand leisten können und die ersteren an den letzteren die genügende Unterstützung finden. Dafür ist aber die Anordnung eines Vorsprungs nach beiden Seiten der Mauer (Fig. 717) am geeignetsten und daher den beiden anderen Bildungen vorzuziehen.

Die Entfernung der Pfeiler-Verfätkungen von einander wird in der Regel von der räumlichen Eintheilung und der formalen Ausbildung des Gebäudes abhängig sein; eben so wird die Mauerdicke des Schildes mit Rücksicht auf die gegebenen Verhältnisse und die zulässigen Mindestdicken bestimmt werden können.

Immerhin wird es manchmal wünschenswerth sein, zu prüfen, ob für die gegebene Strebepfeilerentfernung die gewählte Mauerdicke ausreichend ist. Ein Weg dazu ist der, das Mauerchild als eine auf zwei Seiten aufliegende, durch den Wind gleichmäßig auf Durchbiegung beanspruchte Platte anzusehen. Je inniger der Zusammenhang des Mauerkörpers ist, um so zulässiger wird diese Berechnungsweise sein. Es ist bekanntlich

$$\frac{M}{k} = \frac{\mathcal{F}}{a},$$

worin M das größte Biegemoment, k die zulässige Beanspruchung für die Flächeneinheit und $\frac{\mathcal{F}}{a}$ das Widerstandsmoment bedeuten. Im vorliegenden Falle ist

$$M = \frac{p l^2}{8},$$

worin l die Entfernung der Stützpunkte und p die Belastung für die Längeneinheit, hier den Winddruck für 1qm getroffener Wandfläche (= 120 kg), bezeichnen. Ferner ist

$$\frac{\mathcal{F}}{a} = \frac{d^2}{6},$$

wenn man d als Mauerdicke annimmt und einen Streifen von 1 m Höhe in Rechnung zieht.

Die Biegefestigkeit von Mauerwerk ist unbekannt; man wird sich daher damit begnügen müssen, für k die zulässige Beanspruchung des Mörtels auf Zugfestigkeit zu setzen.

Es ergibt sich dann

$$d = \sqrt{\frac{6 M}{k}}.$$

Diese Berechnungsweise ist nur zulässig, wenn das Mauerchild in den Strebepfeilern eine genügende Unterstützung findet, wenn diese also einen Vorsprung nach der dem Winde abgekehrten Seite haben. Die Sicherheit, welche der Aufstand des Mauerchildes auf der Grundmauer und die Belastung durch die Balkenlage bieten, ist nicht mit in Rechnung gezogen; dagegen ist auch keine Rücksicht auf die Höhe genommen.

Beispiel. Die Länge des Mauerchildes sei 4,5 m und die Stützweite $l = 5,0$ m; als zulässige Beanspruchung des Luftkalkmörtels werde $k = 1$ kg für 1 qcm oder $k = 10\,000$ kg für 1 qm angenommen. Es ist dann

$$M = \frac{120 \cdot 5^2}{8} = 375 \text{ mkg}$$

und

$$d = \sqrt{\frac{6 \cdot 375}{10\,000}} = 0,474 \text{ m}.$$

Die Breite des Strebepfeilers, d. h. seine Abmessung in Richtung der Mauerlänge kann ebenfalls nach Maßgabe der Umstände fest gestellt werden, während die Abmessung senkrecht zur Mauerlänge durch Berechnung der Stabilität eines aus einem Schild und einem Strebepfeiler zusammengesetzten Mauerstückes gefunden werden mußte.

Diese Berechnung ist unter Annahme eines auf die ganze Höhe gleich bleibenden rechteckigen Querschnittes des Strebepfeilers, und wenn man ein Mauerstück für sich allein, ohne Rücksicht auf den Zusammenhang mit dem Gebäude, betrachtet und nur die Stabilität gegen Umkanten untersucht, nicht schwierig.

I. Fall: Der Strebepfeiler sei der Windrichtung zugekehrt (Fig. 718).

Es sei W der Winddruck, G das Gewicht, F die Grundfläche und h die Höhe der Mauer, l_1 die Länge des Mauerfeldes, d_1 die Dicke desselben, l_2 die Breite des Strebepfeilers, d_2 die Dicke desselben, γ das Gewicht der Raumeinheit des Mauerwerkes und a_1 der Abstand des Lothes durch den Schwerpunkt der Mauer von der Drehkante $D D$. Bei m -facher Sicherheit muß dann sein:

$$m W \frac{h}{2} = G a_1,$$

worin $G = F h \gamma = (l_1 d_1 + l_2 d_2) h \gamma$ und

$$a_1 = \frac{l_1 d_1^2 + l_2 d_2^2}{2(l_1 d_1 + l_2 d_2)},$$

woraus

$$d_2 = \sqrt{\frac{1}{l_2} \left(\frac{m W}{\gamma} - l_1 d_1^2 \right)}.$$

Beispiel. Für $l_1 = 4,5$ m, $l_2 = 0,5$ m, $d_1 = 0,5$ m, $h = 8,0$ m, $\gamma = 1600$ kg für 1 cbm Backsteinmauerwerk und $m = 1,5$ berechnet sich $W = 5 \cdot 8 \cdot 120 = 4800$ kg, und dann

$$d_2 = 2,6 \text{ m}.$$

II. Fall. Der Strebepfeiler sei der Windrichtung abgekehrt (Fig. 719).

Es berechnet sich hierfür

$$a_1 = \frac{l_2 d_2^2 - l_1 d_1^2 + 2 l_1 d_1 d_2}{2(l_1 d_1 + l_2 d_2)}$$

und dann

$$d_2 = -\frac{l_1 d_1}{l_2} \pm \sqrt{\frac{1}{l_2} \left(\frac{m W}{\gamma} + l_1 d_1^2 \right) + \frac{l_1 d_1^2}{l_2^2}}.$$

Beispiel. Unter denselben Annahmen, wie oben, ergibt sich

$$d_2 = 1,1 \text{ m}.$$

III. Fall. Der Strebepfeiler springe zu beiden Seiten der Mauer gleich viel vor (Fig. 720).

Dann ist

$$a_1 = a_2 = \frac{1}{2} d_2$$

und

$$d_2 = -\frac{l_1 d_1}{2 l_2} \pm \sqrt{\frac{m W}{\gamma l_2} + \frac{l_1^2 d_1^2}{4 l_2^2}}.$$

Beispiel. Für die obigen Annahmen wird

$$d_2 = 1,5 \text{ m}.$$

Wenn die Dicke einer Mauer ohne Strebepfeiler bekannt ist, so läßt sich dann leicht die Strebepfeilerdicke einer mit Strebepfeilern versehenen Mauer von gleicher Stabilität berechnen.

Ist f_1 die Grundfläche des Mauerfeldes, f_2 die des Strebepfeilers und F die der Mauer ohne Strebepfeiler, deren Dicke mit d und deren Länge mit l bezeichnet werden soll, während sonst die früheren Bezeichnungen beibehalten

Fig. 718.

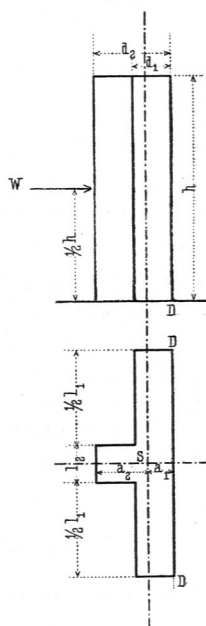


Fig. 719.

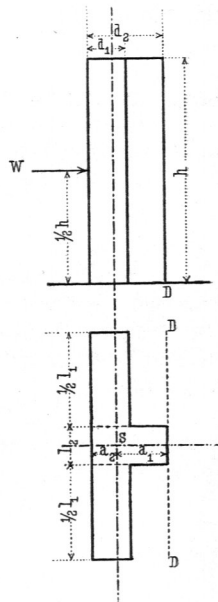
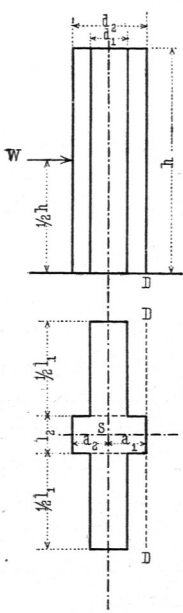


Fig. 720.



werden, so berechnet sich für den Fall I der Abstand a_1 des Schwerpunktes der Mauer mit Strebepfeilern von der Drehkante aus der Gleichung

$$(f_1 + f_2) a_1 = f_1 \frac{1}{2} d_1 + f_2 \frac{1}{2} d_2.$$

Sollen beide Mauern gleiche Stabilität haben, so muß

$$(f_1 + f_2) a_1 = F \frac{1}{2} d$$

fein, oder

$$l d^2 = l_1 d_1^2 + l_2 d_2^2,$$

woraus

$$d_2 = \sqrt{\frac{l d^2 - l_1 d_1^2}{l_2}}.$$

Die Dicke d der Mauer ohne Strebepfeiler findet sich aus der Momentengleichung

$$m W \frac{1}{2} h = G \frac{1}{2} d.$$

Da $G = d h \gamma$, so ist

$$d = \sqrt{\frac{m W}{\gamma}}.$$

Beispiel. Es sei wie früher $l = 5,0$ m, $l_1 = 4,5$ m, $l_2 = 0,5$ m, $h = 8,0$ m, $d_1 = 0,5$ m, $\gamma = 1600$ kg und $m = 1,5$. Es ist dann $W = 8 \cdot 120 = 960$ kg für 1 m Länge und

$$d = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 960}{1600}} = 0,95 \text{ m};$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{5 \cdot 0,95^2 - 4,5 \cdot 0,5^2}{0,5}} = 2,6 \text{ m},$$

was mit dem früheren Ergebnis übereinstimmt (vergl. S. 404).

Schwieriger und umständlicher wird die Berechnung, wenn Rücksicht auf die in der Auftandsfläche sich ergebenden Spannungen genommen werden soll.

Nur Druckspannungen sind vorhanden, wenn die Mittelkraft der auf Umsturz wirkenden Kräfte zwischen die in der mit der Krafrichtung zusammenfallenden Schweraxe der Auftandsfläche der Mauer liegenden Kernpunkte fällt. Es ist daher wenigstens die Lage des dem Winddruck abgekehrten Kernpunktes zu bestimmen, durch den äußersten Falles die Mittelkraft gehen darf. Der Abstand dieses Punktes vom Schwerpunkte des Grundrisses ist in die Stabilitätsgleichung einzusetzen, aus der dann die Mauerdicke berechnet werden kann.

Es soll hier nur der Fall III der Strebepfeileranordnung (Fig. 721) untersucht werden. Neben Beibehaltung der früher angewendeten Bezeichnungen sei e_2 der Abstand des fraglichen Kernpunktes (K_2) von dem hier mit dem Mittelpunkt des Grundrisses zusammenfallenden Schwerpunkte S desselben. Man hat nun

$$l_2 = \frac{\mathcal{J}}{F a_2} \quad (729),$$

worin \mathcal{J} das Trägheitsmoment des Grundrisses für die Schweraxe YY des Grundrisses, F die Fläche des letzteren und a_2 den Abstand des Schwerpunktes von der Drehkante DD bedeuten.

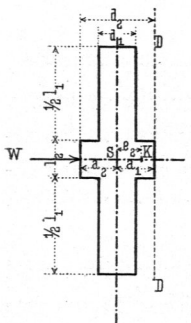
Es ist ferner

$$\mathcal{J} = \frac{1}{12} (l_1 d_1^3 + l_2 d_2^3), \quad F = l_1 d_1 + l_2 d_2 \quad \text{und} \quad a_2 = \frac{1}{2} d_2, \quad \text{also}$$

$$e_2 = \frac{l_1 d_1^3 + l_2 d_2^3}{6 d_2 (l_1 d_1 + l_2 d_2)}.$$

Die Stabilitätsgleichung ist

Fig. 721.



$$W \frac{1}{2} h = G \ell_2,$$

woraus sich die cubische Gleichung

$$d_2^3 - \frac{3}{4} \frac{W}{l_2} d_2 + \frac{l_1^* d_1^3}{l_2} = 0$$

ergibt, aus welcher d_2 berechnet werden kann.

Die beiden anderen Fälle der Strebeleiteranordnung ergeben für die Berechnung von d_2 Gleichungen noch höherer Grade.

Die Druckspannung in der Drehkante kann auf dem früher (in Art. 304, S. 381) angegebenen Wege ermittelt werden.

2) Verstärkung der Festigkeit.

339-
Allgemeines.

Regelrechter Verband und gute Mörtelverbindung der Steine einer Mauer reichen oft nicht aus, um derselben genügende Sicherheit gegen die Einwirkungen von Erschütterungen und ungleichmäßigem Setzen in Folge von Bodensenkungen zu verleihen. Wie schon im vorhergehenden Bande (Art. 105, S. 83) dieses »Handbuches« erörtert wurde, werden zur Erhöhung der hierbei namentlich in Anspruch genommenen Zugfestigkeit die Verklammerungen und Verankerungen angewendet. Bezüglich der letzteren sind hier einige Ergänzungen zu machen, in so weit dies nicht in Theil III, Band 6 (bei Besprechung der Sicherungen gegen die Wirkungen von Bodensenkungen und Erderschütterungen) dieses »Handbuches« geschieht.

Die Verankerungen bezwecken die Herstellung von in sich möglichst zusammenhängenden Mauerkörpern und Mauer-systemen, damit bei Eintritt der erwähnten Beanspruchungen die ganze Mauer oder das ganze Mauer-system am Widerstand gegen dieselben theilnimmt. Man sucht dies durch Einlagen von zugfesten Stoffen, wie Eisen und Holz, zu erreichen. Man hat dabei allerdings mit der Vergänglichkeit dieser Stoffe zu rechnen. Bei Mitverwendung der Mörtelverbindung erfüllen sie ihren Zweck aber jedenfalls, bis der Mörtel selbst seine größte Zugfestigkeit erlangt hat und damit jene Hilfs-Constructionen mehr entbehrlich macht. Man hat auch Beispiele, daß das Eisen bei genügendem Schutze gegen die dauernde Einwirkung der Feuchtigkeit sehr lange seine Festigkeit bewahrt. Andererseits ist auf die Gefahren aufmerksam zu machen, welche die mit Ausdehnung verbundene Oxydation des Eisens für Quader, in welche es eingelassen ist, mit sich bringt, und welche die nach Vermoderung des Holzes in den Mauern entstehenden großen Höhlungen herbeiführen.

Erwähnung mag hier noch finden, daß Verankerungen häufig auch zur Wiederherstellung von Gebäuden angewendet werden, welche in ihrem Bestande schon Noth gelitten haben.

Zu gleichem Zwecke, wie Klammern und Anker, kommen auch, wie ebenfalls schon im vorhergehenden Bande (Art. 95 bis 103, S. 77 bis 82) dieses »Handbuches« besprochen wurde, besondere Formungen der Fugenflächen in Anwendung. Abgesehen von den größeren Kosten, die diese Mittel veranlassen, sind sie im Allgemeinen wegen der verhältnißmäßig geringen Zug- und Scherfestigkeit der meisten Steinarten nicht besonders zweckmäßig.

340-
Verankerungen
aus Holz.

Einlagen von Holz in den Mauern zur Erhöhung der Festigkeit derselben sind eine mehr der Geschichte angehörige Construction und werden heutigen Tages bei den Hochbauten der cultivirteren Länder kaum mehr benutzt.

Im Alterthum und im Mittelalter war Holz dagegen ein beliebtes Mittel zur Verstärkung der Mauern. Nach *Schliemann* fanden sich die Spuren desselben in den Lehmziegelmauern von Troja und Tiryns; die

Römer benutzten die in die Mauern eingelegten Riegel ihrer leichten Baugerüste zu gleichem Zwecke (vergl. Art. 142, S. 144); die Gallier und Dacier legten Holzroste, bezw. Schichten von Rundhölzern, die von Langhölzern eingefasst werden, in ihre Festungsmauern ein, und auch bei den germanischen Ringwällen scheint Aehnliches vorgekommen zu sein (siehe Art. 65, S. 82). Im Mittelalter verwendete man die Rüsthölzer nach dem Vorbilde der Römer (ein Beispiel hierfür bietet der Thurm des Schlosses zu Erbach i. O.), oder man legte besondere Hölzer in vielen Fällen zur Verankerung ein, die jetzt zumeist ihr früheres Vorhandensein durch Höhlungen und Canäle errathen lassen und nur in wenigen Fällen erhalten geblieben sind (ein Beispiel für Letzteres liefert der Kirchturm von Dittelsheim in Rheinheffen⁷³⁰). Die Byzantiner⁷³¹ und nach ihnen die Mohammedaner⁷³² haben von Holzeinlagen in Mauern ausgiebigen Gebrauch gemacht, wie sich diese Bauweise bis heutigen Tages im Orient erhalten hat und trotz ihrer Mängel wegen des Schutzes, den sie gegen Erdbeben bietet, dort geschätzt wird⁷³³.

Bei Ingenieurbauten, so zum Schutze von Fluszufern und gegen Murgänge, wird in den österreichischen Alpenländern von Holzeinlagen in wagrechter und lothrechter Lage in Trockenmauern noch vielfach Gebrauch gemacht.

Werden alle Steine eines Quadermauerwerkes durch Eisenklammern ein- oder mehrfach verbunden, so entsteht eine sehr wirksame Verankerung desselben, die aber dadurch gefährdet wird, daß in Folge der vielen Eingriffe des Eisens in den Stein die Möglichkeit des Zersprengtwerdens des letzteren durch das erstere stark vermehrt wird.

341.
Verankerungen
aus Eisen.

*Viollet-le-Duc*⁷³⁴) theilt ein einschlägiges Beispiel von der Kathedrale zu Paris mit, bei welchem sämtliche Quader der drei Schichten des Chorgefäßes durch je zwei Klammern mit einander verbunden sind. Fast alle Quader sind aber der Länge nach durch das oxydirte Eisen gesprengt worden, so daß dieser Mauertheil in drei getrennte Ringe zerfiel. Einen ähnlichen Erfolg hatte die an sich weniger gefährliche, im vorhergehenden Bande (in Fig. 440, S. 162) dieses »Handbuches« dargestellte und an der *Sainte-Chapelle* zu Paris angewendete Klammerverbindung.

Besser sind daher diejenigen Verankerungen, bei welchen das Eisen in der Hauptfuge in die Fugen des Mauerwerkes, bezw. zum Theile vor dasselbe gelegt wird.

Es sind hierbei zwei Arten von Anker zu unterscheiden. Sie bestehen entweder in schwachen Bandeisen, welche zu mehreren neben einander in die Fugen eingelegt und an den Enden um die letzten Steine herumgebogen werden. Es ist dies der schon im vorhergehenden Bande (Art. 105, S. 84) dieses »Handbuches« besprochene Reifeisenverband, der zwar hauptsächlich bei Backsteinmauerwerk mit großem Erfolg verwendet wird, in England aber auch für Betonmauern benutzt worden ist.

Eine Verwendung von Bandeisenankern zur Verbindung von Bruchstein-Umfassungen mit Lehmstein-Scheidewänden ist in unten stehender Quelle⁷³⁵) mitgetheilt.

Oder es werden die Anker aus Quadrat- oder besser Flacheisenstangen hergestellt, an deren Enden lothrecht stehende Splinte oder Gufseisenstücke befestigt sind, welche die Verspannung der Mauerkörper bewirken sollen. Die letzteren werden immer vor die Mauern, die ersteren entweder vor oder in die Mauern gelegt. Diese Constructionstheile entsprechen im Allgemeinen den bei den Balkenankern⁷³⁶) zu gleichem Zwecke angewendeten. Bei Quadermauern kommen auch die den Klammernfüßen entsprechenden umgebogenen und aufgehauenen Enden in Anwendung. Bei großer Länge der Mauern müssen die Eisenstangen aus mehreren Stücken zusammen-

⁷³⁰) Geschichtliche Angaben über die Verwendung des Holzes zu Mauerankern finden sich in: Zeitschr. f. Bauw. 1887, S. 239 — VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné etc.* Bd. 2 (Paris 1859), S. 396 — und Bd. 4 (Paris 1861), S. 12.

⁷³¹) Siehe: CHOISY, A. *L'art de bâtir chez les Byzantins.* Paris 1882. S. 116.

⁷³²) Vergl. Theil II, Band 3, zweite Hälfte (Art. 30, S. 35) dieses »Handbuches«.

⁷³³) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 410.

⁷³⁴) A. a. O., Bd. 2, S. 400.

⁷³⁵) ROMBERG's Zeitschr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 349.

⁷³⁶) Besprochen im vorhergehenden Bande (Art. 273, S. 179) dieses »Handbuches«.

gefetzt werden. Die Verbindung erfolgt nach einer der im vorhergehenden Bande (Art. 233, S. 162) dieses »Handbuches« angegebenen Weifen.

Je nach der Höhe der Gefchoffe werden diefe Mauerverankerungen entweder ein- oder mehrere Male ausgeführt und mit denen der Umfaffungen diejenigen für die Scheidewände in Verbindung gebracht.

Befonders wichtig find diefe Verankerungen bei den Glockenthürmen und manchen Fabrikgebäuden, wegen der andauernden und häufig wiederkehrenden Erschütterungen.

Nicht in die Mauern eingelegte, fondern im größeren Theile ihrer Länge fichtbar bleibende Anker werden häufig Schlaudern genannt.

Sehr ausgedehnte Verankerungen wurden am Königsbau in München angewendet⁷³⁷⁾. So wurden dort alle Scheidemauern mit den aus Quadern mit Backsteinhintermauerung hergestellten Frontmauern durch Schienen von 2,9 m bis 4,4 m Länge einmal auf die Höhe eines Gefchoffes verankert, in den Fußbodenhöhen jedoch durch in die Mitte der Scheidemauern gelegte Anker beide gegenüber stehende Frontmauern mit einander verbunden. Die Ankerungen wiederholten sich danach in Höhenabständen von etwa 4,4 m. Die Zwischenankerungsschienen erhielten 49 mm Breite und 12 mm Dicke, die Hauptanker dieselbe Breite und 18 mm Dicke. Diefe Verankerungen waren für nöthig gehalten worden, weil man, um die fchädlichen Wirkungen ungleichmäßigen Setzens zu verhüten, die Scheidemauern, welche mehr und dickeré Mörtelfugen und anders bemeffene Backsteine, als die Frontmauern enthielten, nicht mit diesen in Verband gebracht, fondern in Nuthen derselben eingesetzt hatte.

Die Anker endeten an den Frontmauern, da sie dort stets auf Quader trafen, in Prätzen (Fig. 722). Lag die Verbindungsstelle in der Nähe einer Stofsuge, so wurde der Anker gegabelt und mit zwei Prätzen versehen. Diefe wurden mit Schwefel vergoffen oder mit Blei, wenn die Ankerung nicht fogleich gegen zufällige Beunruhigungen gefchützt werden konnte.

Das andere, verbreiterte Ende der Zwischenanker erhielt ein rundes Loch, durch welches ein 0,73 m langer, 43 mm dicker cylindrischer Dorn gefteckt und dann vermauert wurde.

Die durch die ganze Tiefe des Gebäudes reichenden Hauptankerungen bestanden gewöhnlich aus drei Stücken (Fig. 722), welche mit ihren durchlochenden Enden über einander gelegt und mit Dornen der angeebenen Art verbunden wurden. Damit die Schienen alle in eine Ebene fielen, wurden die Enden des Mittelstückes um die Schiendicke aufgekropft. Endigte der Anker in Ziegelmauerwerk, so wurden die gewöhnlichen Dorne oder auch Splinte (Fig. 722 rechts) angebracht.

Der Einlage diefer Ankerungen traten oft Hindernisse in Schornsteinen oder Heiz-Canälen entgegen. Man gabelte dann an den betreffenden Stellen die Schienen und führte sie zu beiden Seiten der Rohre hin (Fig. 723). Die betreffenden Schienen an diesen Stellen wurden vor den Gabelungen durch Spreizen aus einander gehalten.

Außer den in die Scheidemauern eingelegten Ankern kamen über den Balkenlagen an verschiedenen Stellen auch noch frei liegende, durch die Gebäudetiefe hindurchreichende Schlaudern zur Verbindung der gegenüber stehenden Fensterpfeiler in Anwendung. Standen die Fensterpfeiler nicht in einer Axe, so nahm man zu langen Gabelstücken feine Zuflucht (Fig. 724). Solche fichtbare Anker wurden in die Balken eingelassen, mit kleinen Klammern befestigt und zum Schutz gegen Beschädigungen einftweilen überdeckt.

An solchen Stellen, wo die eben erwähnten Verankerungen nicht fogleich mit den Mauerarbeiten fertig gestellt werden konnten, wurden die in Fig. 725 dargestellten kurzen Ankerenden eingemauert, in deren Oefen man später die fehlenden Stücke einhängte.

Ueber den weit ausladenden Architraven des mittleren Aufbaues wurden Anker besonderer Art auch in den Umfaffungen angewendet, über welche in der angegebenen Quelle nachgesehen werden möge. An den Ecken wurden dieselben in der beschriebenen Weise durch Dorne verbunden (Fig. 726).

Zur Erhöhung der Festigkeit von Backsteinmauern find an Stelle der Einlage von Bandeifen oder Eifenschienen auch solche von gewalzten Formeifen vorgeschlagen worden.

So besteht der fog. Eifenbandbau von *Daalen fen.*⁷³⁸⁾ in der Einlage von etwa 65 mm hohen, flach

⁷³⁷⁾ Siehe: Allg. Bauz. 1837, S. 67 u. Taf. CI.

⁷³⁸⁾ Mitgetheilt in: Wochschr. d. Ver. deutscher Ing. 1878, S. 389.

Fig. 722.

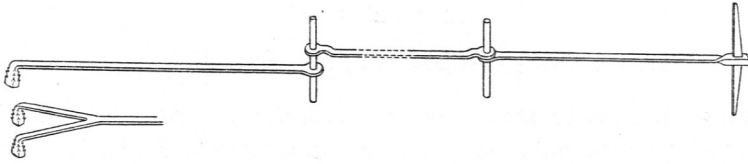


Fig. 723.

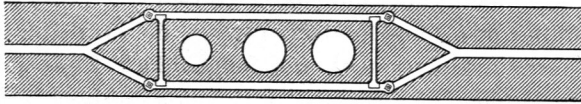


Fig. 724.

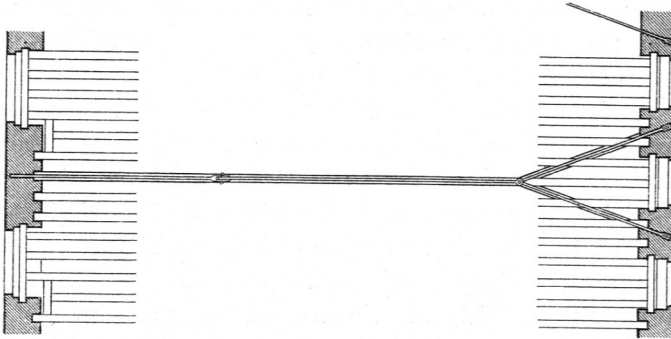


Fig. 725.

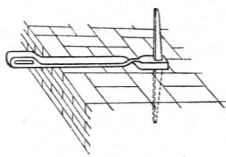
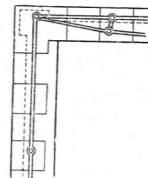


Fig. 726.



Verankerungen am Königsbau zu München ⁷³⁹⁾.

gelegten I-Eisen mit sehr schmalen Flanschen in die $\frac{1}{2}$ Stein starken Backsteinwände. Sie sollen sich alle 10 Schichten wiederholen und in Cement-Mörtel gelagert werden. Mit den wagrechten Eisen können in gemauerten Pfeilervorlagen untergebrachte lothrechte I-Eisen verbunden werden. Die Verbindung soll durch eiserne Würfel erfolgen, in welche über Kreuz die Flansche und ein Theil des Steges der I-Eisen ausgestoßen sind, oder welche entsprechend aus schmiedbarem Guß hergestellt werden. Auf diese Weise sollen sich beide I-Eisen unabhängig von einander nach beiden Richtungen bewegen können. Es steht nur zu befürchten, daß sie hieran ohne kostspielige Gegenvorkehrungen durch das Einrosten verhindert werden. An den Ecken sollen die wagrechten Eisen über einander gelegt und durch Bolzen verbunden werden.

In unten stehender Quelle ⁷³⁹⁾ ist die Verankerung eines baufällig gewordenen Kirchthurmes mitgetheilt.

⁷³⁹⁾ Zeitschr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1871, S. 33 u. Taf. 6.