



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

Erste Abteilung. Konstruktionselemente.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-78727](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-78727)

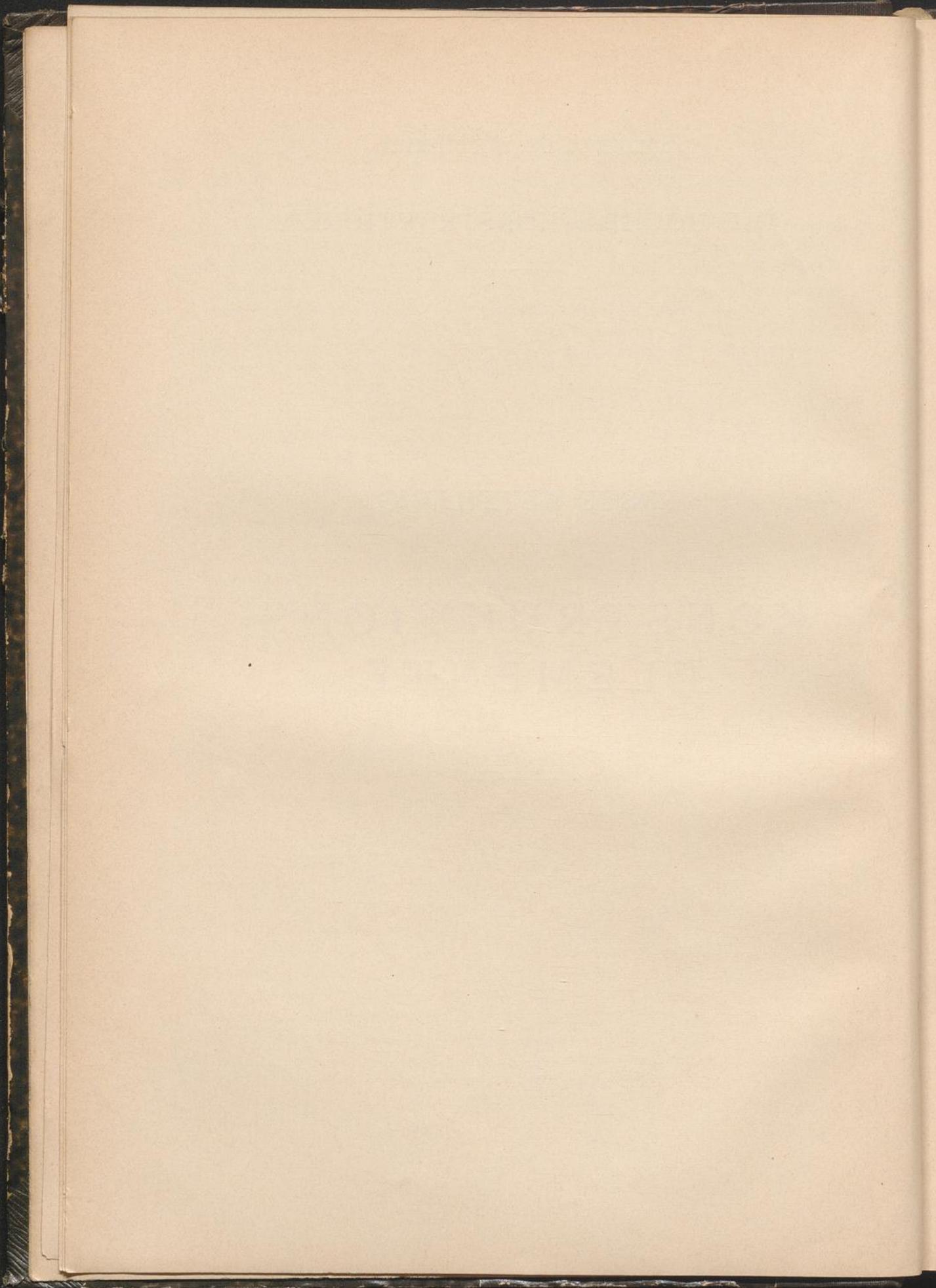
Handbuch der Architektur.

III. Teil:

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

ERSTE ABTEILUNG.

KONSTRUKTIONS-
ELEMENTE.



III. Teil, I. Abteilung:

KONSTRUKTIONSELEMENTE.

I. Abschnitt.

Konstruktionselemente in Stein.

VON ERWIN MARX.

I. Kapitel.

Steinkonstruktionen im allgemeinen.

Die Hauptmasse der meisten Bauwerke besteht aus Steinen oder steinähnlichen Stoffen. Es gehören diese daher zu den allerwichtigsten Baustoffen, und es werden dieselben überall da verwendet, wo es sich um Herstellung von möglichst dauerhaften, allen äußeren Einflüssen am längsten Widerstand leistenden Bauten handelt. Von den Bauwerken der alten Völker sind uns fast nur aus Stein errichtete erhalten geblieben; in keinem anderen Baustoff läßt sich ein so hoher Grad von Monumentalität erzielen; die meisten Architekturssysteme beruhen auf der Verwendung von Stein oder steinähnlichen Massen.

Die Natur bietet nicht überall Felsarten, aus denen Bausteine gewonnen werden können; man war daher von den frühesten Zeiten an in vielen Gegenden darauf angewiesen, aus anderen, dem Mineralreiche entnommenen Stoffen auf künstlichem Wege steinähnliche Massen zu erzeugen.

Es kann dies auf zweierlei Weise geschehen: entweder indem man geeignete Erden oder andere lose Massen zu regelmässigen Stücken formt, diese auf irgend eine Weise festigt und sie dann wie natürliche Steine zu Bauteilen zusammensetzt, oder indem man dieselben Stoffe unmittelbar zur Herstellung grösserer Baukörper durch Gießen oder Stampfen verwendet. Es mag sogar diese künstliche Erzeugung von steinähnlichen Massen dem Bauen mit den Felsen abgewonnenen Steinen der Zeit nach vorangegangen sein, da das letztere jedenfalls schwieriger ist, die Kenntnis besserer Werkzeuge voraussetzt und vielfach die Bewegung grösserer Einzellasten in sich schließt.

Auf alle Fälle werden daher bei einer Besprechung der Steinkonstruktionen im allgemeinen nicht bloß die Konstruktionen aus einzelnen Stücken, sondern zugleich auch diejenigen Konstruktionen Erwähnung finden müssen, bei welchen aus ursprünglich weichen Massen durch allmähliche Erhärtung steinähnliche Baukörper in grösserer Ausdehnung sich ergeben und die man gewöhnlich als Guss- und Stampfmauerwerke bezeichnet. Bei den Steinkonstruktionen sind also dem Material nach zu unterscheiden:

8.
Verschiedenheit
nach dem
Material.

- a) Konstruktionen aus natürlichen Steinen, und zwar aus solchen,
 α) die nach einer bestimmten Form genau bearbeitet und von größeren Abmessungen sind (Quader, Haufsteine, Schnittsteine, Werksteine, Werkstücke),
 β) die regelmässig bearbeitet, aber von kleineren Abmessungen, wenig oder gar nicht bearbeitet sind (Bruchsteine);
 b) Konstruktionen aus künstlichen Steinen;
 c) Konstruktionen aus Guss- oder Stampfmaffen, und
 d) gemischte Konstruktionen, bei denen die Konstruktionen unter a, b und c in den verschiedenen möglichen Zusammenstellungen zur Ausführung von einem und demselben Bauteil Verwendung finden.

9.
Einfluss des
Steinmaterials.

Will man zweckmässig bauen, so muss man die Eigenschaften des Baustoffes berücksichtigen. Es kommt hierbei namentlich der Widerstand gegen die möglichen Beanspruchungen in Betracht. Die Steine leisten gegen Druck einen bedeutenden Widerstand, während ihre Festigkeit gegen Zug und Biegung, sowie ihre Elastizität eine verhältnismässig viel geringere ist. Es müssen demnach die Steinkonstruktionen namentlich auf Verwertung der Druckfestigkeit abzielen. Dadurch wird einerseits die Art ihrer Lagerung im Bau bedingt, andererseits ihre Verwendungsfähigkeit und Verbindungsweise beschränkt.

Die oftmals bedeutende Härte des Steines, die Sprödigkeit und die geringe Festigkeit desselben gegen Zug und Biegung gestatten nicht oder nur ausnahmsweise Verbindungsarten, wie sie für die Holzkonstruktionen kennzeichnend sind, als z. B. Zapfen, Verzahnungen etc. Die verhältnismässige Kürze, in der die meisten Steinstücke nur erlangt werden können, ebenso wie die geringe Elastizität und Biegefestigkeit erlauben es nicht, Steine zu Balken in der Ausdehnung, wie Holz und Eisen zu verwenden. Die Steinbalkendecken der Aegypter, Syrer und Griechen wird man für heutige Verhältnisse nicht mehr brauchbar finden, obgleich andererseits ähnliche Verwendungsweisen, wie zur Herstellung von Treppen, wagrechten Ueberdeckung von Oeffnungen etc. gar nicht zu umgehen und unter Beobachtung der nötigen Vorichtsmaassregeln auch zweckmässig sind.

Wenn auch infolge dieser beschränkteren Verwendungsfähigkeit der Stein gegen Holz und Eisen im Nachteil ist, so bietet doch die fachgemässe Ausnutzung der Druckfestigkeit in den Gewölben ein Mittel, Aehnliches wie mit jenen zu erreichen und sehr grosse Weiten mit Steinkonstruktionen zu überspannen, die den Holz- und Eisenkonstruktionen durch ihre grössere Dauer, bedingt durch die grössere Feuer- und Witterungsbeständigkeit, entschieden voranstehen.

Das grössere Gewicht bei einer durch das Material bedingten gewissen Dicke gibt von Haus aus den reinen Steinkonstruktionen eine grössere Stabilität, als den Konstruktionen von Holz, ebenso denen gegenüber, die aus Eisen hergestellt werden, das zwar viel schwerer ist, aber seiner grossen Festigkeit wegen in möglichst geringen Stärken verwendet werden muss. Es ergibt sich hieraus die im allgemeinen weit grössere Einfachheit der Konstruktionen von Stein gegenüber denen von Holz oder Eisen, deren Stabilität durch Einführung zusammengesetzterer Verbände und Verbindungen, wie sie die Natur dieser Stoffe gestattet, erreicht werden muss. In der vereinigten Ausnutzung der günstigsten Eigenschaften dieser drei Stoffe beruht u. a. die Anwendung der Holz- und Eisenschwerke, bei denen die Felder des aus Holz, bzw. Eisen hergestellten Gerippes mit Mauerwerk ausgefüllt werden.

10.
Verwendung
der Mörtel.

Eine Voraussetzung zu letzterer Verwendungsweise und überhaupt ein grosser Vorteil für die Verwendbarkeit des Steinmaterials ist der Umstand, dass gewisse Stoffe, namentlich die Mörtel, zur Verfügung stehen, die in weit ausgedehnterer

Weise, als dies bei Holz und Eisen der Fall ist, eine Verkittung einzelner Steinstücke zu mehr oder weniger monolithen Massen gestatten und welche selbst mit der Zeit zu steinähnlichen Massen erhärten. Wenn nun auch die Festigkeit dieser Verbindungen der Steine durch die Mörtel oder andere hierher gehörige Bindemittel nicht in allen Fällen sehr bedeutend ist, wenigstens für die Zeit kurz nach der Herstellung, so beruhen die Vorteile derselben doch nicht bloß in der Verkittung, sondern auch noch in anderem, was in Kap. 3 (unter a) zu erörtern sein wird, und es ist infolgedessen die Verwendung der Bindemittel bei allen neueren Steinkonstruktionen eine so allgemeine und ausgedehnte, daß solche im Hochbau nur selten ganz ohne dieselben ausgeführt werden. In Beziehung auf die Verwendung der Mörtel bei Steinkonstruktionen kann man dieselben daher einteilen:

- a) in solche ohne Mörtel;
- b) in solche mit Mörtel, und
- c) in solche, die sehr viel Mörtel enthalten oder ganz aus Mörtel bestehen.

Die Konstruktionen unter a nennt man wohl Trockenmauerwerke, wenn Mauerkörper auf diese Weise hergestellt werden. Es sind hierher aber noch eine Anzahl anderer Konstruktionen (ein Teil der Steintreppen, Dachdeckungen) einzureihen.

Die Konstruktionen unter b bezeichnet man gewöhnlich als Mörtelmauerwerk, wohl auch schlechtweg nur als Mauerwerk, die unter c als Gufs- und Stampfwerk (hauptsächlich kommt hier der Beton in Betracht), wie in Art. 8 angeführt wurde.

Die beiden letzteren Konstruktionsweisen bieten namentlich die Mittel zur Begrenzung von Räumen und Stützung von Lasten. Die Hauptformen dieser Verwendungen sind Mauern und Pfeiler, sowie die Gewölbe.

11.
Anwendung.

Die mannigfaltigen Formen, in denen die Steine gewonnen, zugerichtet und künstlich hergestellt werden können, geben aber noch zu den verschiedensten anderweitigen Benutzungen derselben Veranlassung, namentlich zu Fußboden- und Deckenbildungen. Es sind hierbei anzuführen: Plattenbeläge, Pflasterungen, Mosaik etc.; Ueberdeckungen von Oeffnungen mit Steinbalken und von Balkenfächern mit Platten; die verschiedenen steinernen Dachdeckungen, Wandbehänge und Wandtäfelungen. Die Konstruktionen der Steintreppen nehmen, wie in räumlicher Beziehung, so auch in konstruktiver eine vermittelnde Stellung zwischen Fußboden- und Deckenbildungen ein.

Bei den Mauerwerken treten die Steine am massenhaftesten und selbständigsten auf; sie verdienen daher schon bei einer allgemeinen Besprechung der Steinkonstruktionen besondere Berücksichtigung. Es lassen sich für sie bestimmte Regeln entwickeln, die zum Teile auch für andere Konstruktionen von Stein Gültigkeit haben.

12
Bedingungen
für die
Herstellung.

Wie schon erwähnt, ist eine sehr wichtige Eigenschaft der Mörtel die, daß mit ihnen Steinstücke zusammengekittet werden können. Namentlich kommt dieselbe für Mauerwerke aus kleinen Stücken in Betracht. Diese Verbindung der Steine wird aber erst allmählich, mit zunehmender Erhärtung der Mörtel, fest, und im Anfang sind die durch Mörtel verbundenen Steine oft leicht verschiebbar, ja mitunter noch leichter beweglich, als ohne denselben, da durch diese weiche, halbflüssige Zwischenschicht die Reibung zwischen den Steinen vermindert werden kann. Würde man immer einen plötzlich erhärtenden Mörtel verwenden und würden die Mörtel stets so fest, wie das Steinmaterial, so hätte man es schon von vornherein oder wenigstens nach einiger Zeit mit monolithen Steinmassen zu thun, in denen die Steine unverrückbar

liegen würden, was der Endzweck der Konstruktion ist. Es wäre dann ganz gleichgültig, wie und in welcher Form die Steine neben- und übereinander gelagert sind³⁾. So rasch und nachhaltig erhärtende Mörtel gibt es nun allerdings; man verwendet sie aber aus anderen, hier nicht zu erörternden Rücksichten nur selten. Zur Erzielung möglicher Festigkeit, d. h. hier also möglicher Unverrückbarkeit der einzelnen Steine eines Mauerwerkes, gehören demnach noch andere Mittel, als bloße Verbindung durch den Mörtel, nämlich Rücksichtnahme auf Form und Zueinanderordnung der einzelnen Steine. Ja, bei Feststellung der Regeln, nach denen Form und Aneinanderreihung der Steine im Mauerwerk zu bestimmen sind, spielt der Mörtel gar keine Rolle und kann dabei unberücksichtigt bleiben, weil er in seiner erst weichen Beschaffenheit sich der Gestalt der Steine anschmiegt, weil er ferner anfangs keine eigene Festigkeit besitzt und weil endlich auch Mauerkörper ohne Mörtel herzustellen sind.

^{13.}
Lage der
Fugenflächen.

Die Flächen, in denen sich die Steine im Mauerwerk berühren, heißen Fugenflächen, die Durchdringungen dieser Fugenflächen mit zur Ansicht kommenden Flächen des Mauerwerkes Fugenlinien oder kurzweg Fugen.

Kräfte, die auf ein Mauerwerk wirken, werden in den Fugenflächen von einem Steine auf den benachbarten übertragen; man kann eine solche Kraft als Fugenkraft bezeichnen, und da hier meist nur Drücke zur Wirkung gelangen, insbesondere als Fugendruck. Verschiebungen durch den Fugendruck steht nur die Reibung in den Fugenflächen entgegen, da wir von einer Verkittung durch Mörtel hier absehen. Wäre auch keine Reibung vorhanden, so müßte die Fugenfläche senkrecht zur Richtung des Fugendruckes liegen, wenn ein Gleiten vermieden werden soll. Abweichungen von dieser Lage der Fugenflächen sind daher in ihrer Größe von der vorhandenen Reibung abhängig zu machen. Der Reibungskoeffizient zwischen Stein auf Stein ist 0,6 bis 0,7, der Reibungswinkel 31 bis 35 Grad. Unterschiede zwischen der Richtung des Fugendruckes und der Senkrechten zur Fugenfläche dürfen daher dieses Maß nicht übersteigen. Nimmt man doppelte Sicherheit an, so verringert sich dieser Winkel auf 17 bis 19 Grad. Da die Reibung auch durch Erschütterungen, durch Wasser und sonstige äußere Einflüsse vermindert werden kann, so ist im allgemeinen als theoretisch zweckmäßigste Lage der Fugenfläche diejenige senkrecht zur Richtung des Fugendruckes anzusehen. Abweichungen von dieser Richtung, soweit es die Reibung gestattet, werden nur durch andere Rücksichten gerechtfertigt werden können.

Die Richtung des Fugendruckes in einem Mauerwerk wechselt häufig, z. B. bei einem Gewölbe; es werden demnach auch die Richtungen der Fugenflächen in einem solchen Falle wechseln müssen. Man erhält infolgedessen nicht parallele, sondern konvergierende Schichten des Mauerwerkes. Beruht nun darauf auch z. B. die Haltbarkeit der Gewölbe, und wird man sich bei diesen der schwierigeren und kostspieligeren Mauerung und Herstellung passender Steine nicht entziehen können, so wird man andererseits in vielen Fällen, namentlich wo es sich um lotrechte Mauerkörper handelt, von der strengen Durchführung des vorher erörterten Grundsatzes abzuweichen wünschen müssen, um Erleichterung der Arbeit und Verminderung der Kosten zu erzielen. Man wird deswegen häufig eine parallele

³⁾ Der Beton ist ein in diesem Sinne bereitetes Konstruktionsmaterial; nur auf der Bindung durch den Mörtel beruht seine Festigkeit und Kohäsion, an die man daher nicht höhere Ansprüche stellen darf, als sie der betreffende Mörtel zu leisten vermag.

Schichtung des Mauerwerkes, fenkrecht zu einer mittleren Druckrichtung, vorziehen, weil dann die Steine von parallelen Flächen begrenzt werden können, was die Ausführung erleichtert.

Auch im Hochbau kommt es öfters bei lotrechten Mauerkörpern vor, daß die mittlere Druckrichtung in denselben nicht lotrecht ist, sondern schief im Raume (bei Widerlagsmauern von Gewölben, Strebepfeilern, Futter- und Stützmauern etc.). Infolge der parallelen Schichtung — bei Einführung einer mittleren Druckrichtung — und weil die Mauern in den meisten Fällen lotrechte Begrenzungsebenen erhalten müssen, ergeben sich an diesen spitzwinkeligen Kanten der Steine, die fachliche Bedenken gegen sich haben. Spitzwinkelige Kanten werden leichter abgedrückt; auch werden sie leichter durch die Verwitterung zerstört, als rechtwinkelige oder gar stumpfwinkelige. Die rechtwinkeligen Kanten kann man aber im vorliegenden Falle nur durch wagrechte Schichtung des Mauerwerkes erzielen, welche auch die im Hochbauwesen am meisten angewendete ist. Das, was man hierbei an Festigkeit der Konstruktion infolge größerer Abweichungen von der theoretisch richtigen Lage der Fugenflächen fenkrecht zur Druckrichtung einbüßt, muß durch größere Stärke der Mauer ersetzt werden. Wie man die spitzen Winkel wenigstens an einer Seite der Mauern vermeiden kann, wird später zu erörtern sein⁴⁾.

Die aus den vorher angegebenen praktischen Rücksichten auf die Art des Steinmaterials wünschenswerte parallelepipedische Gestaltung der Steine einer Mauer ist auch diejenige, die sich am leichtesten, einfachsten und billigsten ausführen läßt. Bei den zumeist im Hochbauwesen zur Verwendung kommenden natürlichen Steinarten, den Sedimentärgesteinen, entspricht sie auch gewöhnlich der natürlichen Schichtung und Zerklüftung, sowie der Gewinnungsweise in den Steinbrüchen, während sie bei den künstlichen Steinen die für die Fabrikation bequemste ist.

Die Benennung der Fugenflächen ist je nach ihrer Lage zur Druckrichtung im Mauerwerk eine verschiedene. In der Regel ist nur ein Hauptdruck vorhanden. Die im allgemeinen zur Richtung dieses Hauptdruckes fenkrecht zu legenden Fugenflächen heißen Lagerflächen, die parallel zu denselben liegenden Stofsflächen. Die Durchdringungslinien dieser Steinflächen mit den Begrenzungsflächen des Mauerwerkes heißen Lagerfugen, bzw. Stosfugen. Unter den Stofsflächen werden mitunter diejenigen, welche im Äußereren des Mauerwerkes nicht durch Fugenlinien kenntlich werden, als Zwischenflächen bezeichnet. Es werden dieselben nur in einem Durchschnitte sichtbar. Man nennt dieselben wohl auch gedeckte Fugen im Gegensatz zu den äußerlich sichtbar werdenden offenen Stosfugen.

Der Mauerabschnitt zwischen zwei fortlaufenden Lagerflächen heißt Mauerfuge (Wölbschicht). Durch die Lagerflächen wird der Hauptdruck von einer Schicht auf die benachbarte übertragen; deshalb hat man den Lagerflächen eine der Natur des Steinmaterials entsprechende Größe zu geben. Sie ist mindestens so groß zu machen, daß auch unter den ungünstigsten Verhältnissen der Druck auf die Flächeneinheit die zulässige Beanspruchung nicht übersteigt. Bei Verwendung von künstlichen Steinen hat man die Bestimmung dieser Größe allerdings nicht in der Hand. Die Druckfestigkeit der Steine, quadratische Druckfläche vorausgesetzt, nimmt mit abnehmender Höhe zu; sie nimmt auch noch unter Würfelhöhe

14.
Fugenflächen
und
Mauerfugen.

⁴⁾ Siehe: Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abschnitt 1, A: Wände) dieses Handbuchs.

zu⁵⁾; daher ist es zweckmäÙig, die Höhe oder Stärke einer Schicht, die der Höhe einer StoÙfläche entspricht, nicht gröÙer als die kleinste Abmessung der Lagerfläche eines Steines zu nehmen, sondern eher noch geringer.

Die Länge der Lagerfläche hängt von der Biegefestigkeit des Steinmaterials ab. Es kommt diese in Frage, weil beim Mauerwerk selten ganz genaue Arbeit voraussetzen ist und deshalb einzelne Steine hohl zu liegen kommen können. Die Biegefestigkeit der Steine ist bekanntlich sehr gering und daher die Länge der Lagerflächen und mit diesen die Länge der Steine eine entsprechend beschränkte. Unter Berücksichtigung desselben Umstandes darf auch die StoÙfläche im Verhältnis zur Lagerfläche nicht zu klein genommen werden. Daraus ergibt sich eine kurze gedrungene Form der Steine als die zweckmäÙigste, wozu noch der früher besprochene wünschenswerte Parallelismus der gegenüber liegenden Flächen tritt.

15.
Wahl der
Lagerflächen.

Wären alle Steinmaterialien von durch und durch gleichartiger Beschaffenheit, so würden alle Seiten derselben gleich gut im Stoff geeignet sein, als Druck empfangende Lagerflächen zu dienen. Bei den künstlichen Steinen kann diese Eigenschaft vorausgesetzt und auch beschafft werden. Bei den zu Hochbauten zumeist verwendeten natürlichen Steinen, bei den geschichteten Gesteinen, ist diese Eigenschaft infolge der natürlichen Schichtung gewöhnlich aber nicht vorhanden. Es besitzen dieselben senkrecht zur natürlichen Schichtung gröÙere Druckfestigkeit, als parallel zu derselben. Man hat daher zu Lagerflächen die Bruchlagerflächen zu verwenden.

16.
GröÙe der
Steine.

Die Rücksicht auf das innere Gefüge der Steine ist zum Teile auch für die Bestimmung der GröÙe derselben maßgebend. Da nach den vorhin angegebenen Gründen die natürliche Schichtung immer senkrecht zur Druckrichtung gelegt werden sollte, so ist die dieser Richtung entsprechende Abmessung des Steines, die Höhe oder Dicke desselben, abhängig von der Stärke der Gebirgsschichten, von der Mächtigkeit der Bänke in den Steinbrüchen der Bezugsorte. Länge und Breite der Werkstücke aus natürlichem Stein müssen weiter zu ihrer Höhe in einem angemessenen Verhältnis stehen, das von der Biegefestigkeit des betreffenden Materials abhängig ist, wie dies schon früher ausgeführt wurde. Im allgemeinen kann man wohl sagen, daß man bei nicht sehr festen Sand- und Kalksteinen das Doppelte, bei festen Sand- und Kalksteinen das Dreifache, bei Marmor das Vierfache, bei Granit und entsprechenden Materialien das Fünffache der Höhe zur Länge nehmen kann. Die Breite wird zwischen der einfachen und doppelten Höhe bemessen, darf aber nicht geringer, als diese sein (von Verblendungen mit Platten natürlich abgesehen). — Bei den künstlichen Steinen ist die GröÙe abhängig von der Grenze, bis zu welcher man eine gleichartige und feste Masse erzeugen kann.

Außer von diesen in der Natur der Materialien begründeten Bedingungen für die GröÙenbestimmung der Steine ist dieselbe auch noch von der Möglichkeit der Beförderung und von der Art des Verfertzens im Bau abhängig. Beim Verfertzen der Steine mit der Hand müssen die Steine handlich bleiben, dürfen also ein gewisses Gewicht nicht überschreiten, während sonst das größte zulässige Gewicht von der Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Hebemaschinen abhängig ist.

17.
Steinverband
und Stein-
verbindung.

Aus der Erfahrung hat sich ergeben, daß man bei den im Bauwesen bevorzugten, regelmäÙig spaltenden Steinen am sichersten, bequemsten und billigsten in

⁵⁾ Siehe: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. polytechnischen Schule in München. Heft VI. München 1876. S. 7.

Schichten mit durchgehenden parallelen Lagerflächen mauert, d. h. indem man eine Anzahl gleich hoher Steine in einer Schicht vereinigt. Bei lotrechten Mauern hält man außerdem noch wagrechte ebene Lagerflächen für zweckmäfsig ⁶⁾. Werden bei Verwendung von Mörteln hierbei noch die Mörtelbänder zwischen den Schichten von durchgehends gleicher Dicke gehalten, so erzielt man dabei noch ein möglichst gleichmäfsiges Setzen, das innerhalb eines Mauerwerkes hauptsächlich durch das Zusammenpressen des Mörtels und das Schwinden desselben verurfacht wird.

Trotz dieser zweckmäfsigen Anordnungen sind infolge von auf das Mauerwerk wirkenden Drücken Verschiebungen einzelner Steine innerhalb desselben möglich. Soweit dies überhaupt angeht, sind diese Verschiebungen auf zweierlei Weise zu verhindern:

a) Durch ein zweckmäfsiges Aneinanderreihen oder Verketteten der Steine innerhalb einer Schicht und zweckmäfsiges Zueinanderordnen der Stofsugen einer Schicht zu denen einer folgenden; es ist dies der Steinverband.

b) Durch Hinzuziehen von Hilfsmitteln, die eine Bewegung einzelner Steine in einer Schicht unabhängig von den benachbarten durch Befestigung der Steine untereinander verhüten sollen. Wir wollen die Arten dieser Befestigungen als Steinverbindungen ⁷⁾ bezeichnen. Es können dieselben auf dreierlei Weise hergestellt werden:

- 1) durch Verbindung mittels der sog. Bindemittel (Mörtel);
- 2) durch besondere Formung der Fugenflächen, und
- 3) durch besondere Hilfsstücke von Stein, Holz und Metall.

Ist nur ein Hauptdruck vorhanden und liegen dabei die Lagerfugen theoretisch richtig, also senkrecht zur Druckrichtung oder innerhalb der zulässigen Abweichung von derselben (z. B. bei lotrechten Mauern mit lotrechter Belastung oder bei richtig konstruierten Gewölben), so reicht man mit dem Steinverband aus. Ebenso, wenn noch zulässige Beanspruchungen (anders gerichtete Drücke oder Zugspannungen) hinzutreten und auf diese im Verband Rückficht genommen wird. In der Regel wird aber die unter b, 1 angeführte Verbindung durch den Mörtel hinzugezogen, und es wird diese um so wichtiger, je kleinstückiger, weniger gut bearbeitet oder unregelmäfsiger das Material ist. Es wird dieselbe unentbehrlich, wenn man überflüssige Mauerstärken vermeiden will, bei nicht richtiger Lage der Lagerflächen zur Druckrichtung und wenn mögliche zufällige Beanspruchungen im Verbande nicht genügend berücksichtigt sind. Es werden dann häufig noch die unter b, 2 und b, 3 angeführten Verbindungen angewendet. Die blofse Verwendung der Verbindungen ohne einen Verband kommt bei fachgemäfsen Steinkonstruktionen nicht vor, abgesehen natürlich von den schon mehrfach erwähnten Konstruktionen, deren Bestand auf der blofsen Verbindung durch Mörtel beruht oder die ganz aus derartigen Bindemitteln bestehen (Gufs- und Stampfmassen).

Die Verbindungen werden später (in Kap. 3) näher zu erörtern sein; dagegen sollen jetzt schon die allgemeinen Grundsätze für die Steinverbände festgestellt werden.

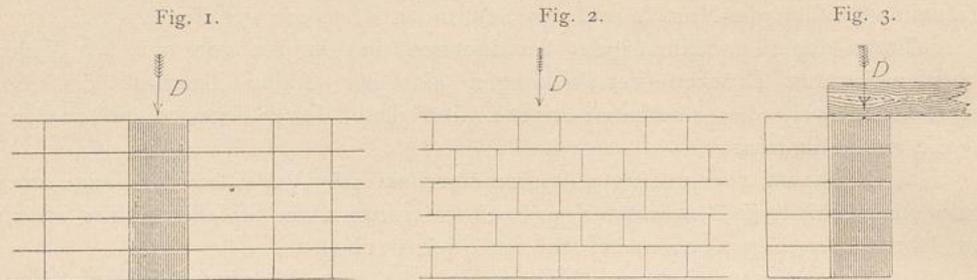
Als Aufgabe des Verbandes war das Verhüten von Verschiebungen einzelner Steine bezeichnet worden. Denken wir uns ein Mauerwerk durch einen einzelnen

18.
Grundsätze
für den
Steinverband.

⁶⁾ Da bei lotrechten Mauern der Hauptdruck meist ebenfalls lotrecht ist, so empfiehlt sich, den Auseinanderfetzungen in Art. 13 (S. 13) entsprechend, auch vom theoretischen Standpunkte aus die wagrechte Lage der Lagerflächen.

⁷⁾ Entsprechend der Unterscheidung von Holzverband und Holzverbindung.

Hauptdruck D beansprucht und die Steine in der in Fig. 1 angegebenen Weise angeordnet, also mit in lotrechter Richtung durchgehenden Stofsflächen, so wird von der Mauer nur der schraffierte Teil durch D in Anspruch genommen. Es könnten sich in demselben die Steine unabhängig von den benachbarten bewegen; an einer Bewegung würden sie höchstens durch Reibung in den Stofsflächen gehemmt.



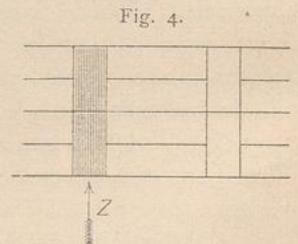
Wir haben keinen Verband. Ordnen wir dagegen die Steine in der in Fig. 2 angenommenen Weise an, so haben wir einen Verband; denn es können nun durch den Druck D nicht mehr blofs einzelne, unmittelbar lotrecht übereinander liegende Steine verrückt werden, sondern an einer etwaigen Verrückung müfste eine ganze Zahl von benachbarten teilnehmen. Es wird hierbei gleichzeitig etwas anderes Wichtiges erreicht: der Einzeldruck D wird auf einen gröfseren Teil der Mauer verteilt, ein einzelner Stein in derselben viel weniger auf Zerdrücken in Anspruch genommen.

Einzellaften kommen bei Hochbauten öfters vor, z. B. bei den einzelnen Balken einer Balkenlage ohne Mauerlatte, bei Tragbalken einer Deckenkonstruktion, bei Bindern der Dachwerke, bei Säulenstellungen etc.

Denken wir uns ferner den Fall, dafs ein vereinzelter Hauptdruck nicht in der ganzen Stärke einer Mauer zur Wirkung gelangt, wie in Fig. 3 (Querschnitt in Richtung der Mauerdicke) angenommen, so wird eine Längsspaltung der Mauer eintreten können, wenn derselben nicht durch einen Verband in Richtung der Stärke der Mauer vorgebeugt wird.

Zu den Hauptdrücken, mögen sie nun gleichmäfsig verteilt oder vereinzelt auftreten, kommen häufig noch zufällige Beanspruchungen hinzu, und zwar:

1) Solche senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes und senkrecht zur Ansichtsfläche des Mauerwerkes (Stöfse etc., Z in Fig. 4); gehen dabei die Stofsflächen durch die ganze Mauerdicke hindurch, wie in Fig. 4 (Aufsicht auf eine Lagerfläche) angenommen, so werden die zwischen zwei Stofsflächen gelegenen Steine allein beansprucht und durch die Mauer geschoben werden können, ohne daran durch ihre Nachbarn gehindert zu sein. Dem würde auch durch einen Verband abgeholfen werden können⁸⁾.



2) Kräfte, gleichfalls senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes, aber parallel zur Ansichtsfläche des Mauerwerkes, die von örtlichen Senkungen, Erschütterungen etc.

⁸⁾ Es muß hier angeführt werden, dafs man doch, aus Gründen der Ausführung vielfach die Stofsflächen durch die Mauerstärke hindurchlaufen läfst, dafür aber oft Steinverbindungen hinzuzieht.

herrühren und als Druck- oder Zugspannungen auftreten können. Auch in diesen Fällen wirkt ein Verband für den Zusammenhalt eines Mauerwerkes günstig.

Eine Bewegung der Schichten übereinander infolge von so gerichteten Kräften ist dadurch aber noch nicht ausgeschlossen und nur durch Aufgeben der Mauerung in Schichten oder durch Anwendung von Steinverbindungen zu verhüten.

Von den Urfachen, welche Längsspannungen in einem Mauerwerk hervorrufen, muß eine, als bisher zu wenig beachtet und erkannt, hier besonders hervorgehoben werden. Es ist dies die Ausdehnung und Zusammenziehung des Steinmaterials bei Wärmezu- und -abnahme. Es ist diese Veränderlichkeit des Rauminhaltes durchaus nicht unbedeutend, wie aus den unten mitgeteilten Zahlen hervorgeht. (Der Ausdehnungskoeffizient für Sandstein⁹⁾ nähert sich, der für Portland-Zementbeton ist gleich dem von Eisen, und der von Gips ist fogar größer.) Durch dieselbe können bei lang ausgedehnten Mauerwerken Verschiebungen von Steinen und Risse entstehen; desgleichen können dann, wenn die Mauerenden fest gehalten sind, gefährliche Ausbauchungen sich bilden. Es mögen derartige Erscheinungen, für die man sonst keine genügende Ursache nachweisen konnte, oft auf diese Veränderlichkeit der fast allgemein für raumbeständig gehaltenen Stein- und Mörtelmaterialien zurückzuführen sein.

Die umfassendsten Versuche über die Ausdehnung der Mauerwerke durch Wärmeerhöhung, welche dem Verfasser bis jetzt bekannt geworden sind, sind diejenigen *Boussieu's*¹⁰⁾. Als Mittelwerte aus je zwei Versuchen gibt derselbe folgende Ausdehnungskoeffizienten an (lineare Ausdehnung für 1 Grad C.¹¹⁾.

Gufs aus reinem Portland-Zement	0,0000107
Gufs aus Portland-Zementmörtel	0,0000118
(1 Teil Zement, 2 Teile Quarzsand)	
Backsteinmauerwerk in Portland-Zementmörtel	0,0000089
(die Ziegel als Binder verlegt)	
Daselbe (die Ziegel als Läufer verlegt)	0,0000046
Portland-Zementbeton	0,0000143
Kalksteinquader von Ranville	0,0000075
Desgleichen von der Maladrerie bei Caen	0,0000089
Granitquader von Dielette	0,0000079
Marmor	0,0000054
Weißer Gipsgufs	0,0000166

Als Mittel zur Verhinderung der schädlichen Wirkung der Ausdehnung der Steine durch Temperaturerhöhung schlägt *Boussieu* vor, bei lang ausgedehnten Mauerkonstruktionen, wie z. B. Umfassungsmauern, Quaimauern etc., in Zwischenräumen Schlitzte von einigen Millimeter oder Centimeter Breite einzuschalten.

Als eine andere Ursache für das Entstehen von Längsspannungen mag hier noch das infolge der Aufnahme von Feuchtigkeit eintretende Quellen mancher Steinarten, namentlich der thonigen Sandsteine, angeführt werden.

Den Einfluß der Wärme, Nässe und des Frostes auf Mauerwerke aus Sandsteinquadern und Backsteinen, sowie auf Portland-Zementmörtel und Portland-Zementbeton behandelt ausführlich *Debo*¹²⁾. Derselbe weist auch nach, daß die oben mitgeteilten *Boussieu's*chen Zahlen nicht Anspruch auf Zuverlässigkeit machen können und neue, gründlichere Versuche zur Feststellung von Koeffizienten, sowohl für die Ausdehnung der Mauerwerke durch die Wärme, als durch die Nässe erforderlich sind.

⁹⁾ Nach *Adie* ist der lineare Ausdehnungskoeffizient für Sandstein 0,00001174 und nach *Lavoisier* und *Laplace* für weiches geschmiedetes Eisen 0,00001220. (Vergl.: *LUEGER*, O., *Lexikon der gesamten Technik*. Bd. I, S. 587.)

¹⁰⁾ Mitgeteilt in: *Annales des ponts et chaussées* 1863, 1. Sem., S. 178.

¹¹⁾ Des Vergleiches wegen seien aus Teil I, Band 1 dieses »Handbuches«, Art. 163 (S. 184) [2. Aufl. Art. 233, S. 223] die Ausdehnungskoeffizienten für Eisen nach *Heinzerling* (auf 1 Grad C. umgerechnet) wiederholt:

Gufseseisen	0,0000132
Schmiedeeisen	0,0000145
Stahl	0,0000135

¹²⁾ In: *Der Einfluß der Temperatur und der Nässe auf Steine und Mörtel*. Hannover 1897. — Ueber den Einfluß der Luftwärme auf das Verhalten des Mauerwerkes eines Brückenbogens siehe: *Deutsche Bauz.* 1895, S. 486.

Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

Aus den gegebenen Beispielen ergibt sich als erster allgemeiner Hauptgrundfatz für die Steinverbände, das in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stofsflächen aufeinander treffen dürfen, sondern gegenseitig versetzt sein müssen, und das ferner auch in der Richtung der Stärke und Länge des Mauerwerkes wo möglich keine Stofsflächen ganz durchlaufen sollten.

Berücksichtigt man weiter, das die Festigkeit eines Verbandes nicht allein von der Anordnung der Stofsugen abhängen kann, sondern auch von der eigenen Festigkeit der einzelnen Steine abhängig sein muß, und das in den Stofsugen, wenn keine künstlichen Verbindungen zwischen den Steinen angewendet sind, irgend welche Festigkeit nicht vorhanden ist, so läßt sich weiter als zweiter Grundfatz für die Steinverbände folgern, das ein Verband um so fester sein wird, je weniger Stofsflächen innerhalb der Ausdehnung dieses Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen.

19.
Benennung der
Steine und
Schichten.

Diesen Grundfätzen kann man durch Verschiedenheit der Abmessungen der einzelnen Steine oder durch Verwendung verschieden großer Steine und durch verschiedene Lage der gleich oder verschieden großen Steine in den Schichten gerecht werden.

Je nach der Anordnung der Steine in den Schichten erhalten dieselben verschiedene Namen, die für alle Mauermaterialien gültig sind und deshalb gleich hier angeführt werden können.

Diejenigen Steine, welche mit ihrer längsten Seite in der Anichtsfläche des Mauerwerkes oder parallel zu derselben liegen, heißen Läufer. Dagegen nennt man die Steine, welche mit ihrer Länge in das Mauerwerk eingreifen oder tiefer in dasselbe hineinreichen, als die über oder unter ihnen liegenden Steine, dieselben also überbinden, Binder. In demselben Sinne wird auch die Bezeichnung Strecker verwendet, die man mitunter aber auch nur auf Binder bezieht, welche durch die ganze Konstruktionsstärke hindurchreichen. Für diesen Fall werden auch die Namen Durchbinder oder Ankersteine benutzt¹³⁾.

Schichten, die nur aus Läufern oder nur aus Bindern zusammengefetzt sind oder wenigstens in der Mauerfläche als so zusammengefetzt erscheinen, heißen Läufer-, bezw. Binderschichten.

Die in der Anichtsfläche des Mauerwerkes liegende Fläche des Steines, die also einen Teil der ersteren bildet, nennt man das Haupt oder die Anichtsfläche. Mit dieser Bezeichnung im Zusammenhange steht die Benennung von Verbandmauerwerken, bei denen nur eine oder alle beiden Langseiten zur äußeren Erscheinung gelangen, als einhäuptige und zweihäuptige. In demselben Sinne gebraucht man auch die Benennungen Stirn- und Kopfflächen. Bei den Lagerflächen unterscheidet man das obere und das untere Lager.

Die Längenrichtung der Außenseite einer Mauer nennt man ihre Flucht.

¹³⁾ Da die Bezeichnung »Strecker« auch manchmal für Läufer verwendet wird, so erscheint es zweckmäßig, dieselbe ganz zu vermeiden.

2. Kapitel.

Steinverband.

Aus den Erörterungen des 1. Kapitels ergab sich die kurze, parallelepipedische Gestalt der Steine als die zweckmässigste zur Herstellung eines regelrechten Steinverbandes. Hält man dann weiter fest, dass es Aufgabe des letzteren ist, die Steine innerhalb einer Schicht sowohl, als auch in Beziehung zu den benachbarten Schichten zweckmässig zu einander zu ordnen, so leuchtet ein, dass bei einer bloß theoretischen Besprechung der Steinverbände die wirkliche GröÙe der Stücke nicht in Betracht zu kommen hätte, während das Verhältnis der drei Abmessungen eines parallelepipedischen Stückes zu einander eine große Rolle spielen muss. In der Bauausführung kommt aber die wirkliche GröÙe der Stücke für den Verband insofern in Betracht, als man bei Herstellung eines Mauerwerkes aus den größeren natürlichen Steinen mit einfacheren Anordnungen in der Regel ausreicht, während bei Anfertigung desselben Mauerwerkes aus kleineren Steinen die Verbandregeln in voller Ausdehnung zur Anwendung gelangen müssen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die größeren Stücke bereits durch ihr Eigengewicht eine gesicherte Lage bekommen, dass bei ihnen schon aus diesem Grunde eine weniger strenge Behandlung des Verbandes zulässiger erscheint, als bei kleinen Steinen, die selbst durch geringe Stöße aus ihrer Lage verrückt werden können. Es folgt hieraus, dass eine Erörterung der Verbände namentlich mit Rücksicht auf die kleinen Steine zu erfolgen hat. Für die Durchführung solcher Erörterungen empfehlen sich namentlich die künstlichen Steine, da für diese die Abmessungen und die Verhältnisse derselben untereinander ein für allemal festgestellt werden können, und zwar mit Rücksicht auf Ermöglichung eines regelrechten Verbandes, während für die natürlichen Steine die Abmessungen bei jedem Bau innerhalb gewisser, durch die Verhältnisse der Steinbrüche gegebenen Grenzen an den meisten Orten beliebig bestimmt werden.

Aus den angeführten Gründen scheint es zweckmässig, an dem Verfahren früherer Lehrbücher festzuhalten und die Steinverbände zunächst für die noch immer am häufigsten verwendeten Backsteine zu besprechen.

a) Steinverbände für Mauerwerke aus Backsteinen.

Um einen regelrechten Mauerverband herstellen zu können, ist es notwendig, dass man die Backsteine nach allen drei zu einander senkrechten Richtungen aneinander schieben kann, ohne dass sich irgend welche störende Vorsprünge ergeben. Dies ist möglich, wenn im allgemeinen die Länge l des Steines gleich ist der doppelten Breite b und die Breite gleich der doppelten Dicke h , wenn also zwischen den Abmessungen die Proportion

$$h : b : l = 1 : 2 : 4$$

besteht. Auch bei sorgfältiger Herstellung sind aber kleine Maßunterschiede zwischen den Steinen eines und desselben Brandes, ebenso wie kleine Unebenheiten gewöhnlich nicht zu vermeiden; ferner müssen die Backsteine mit einem Mörtel vermauert werden, so dass also zwischen den einzelnen Steinen ein Zwischenraum, die Fugendicke (6 bis 15 mm), die wir mit f bezeichnen wollen, sich ergibt, was bei der Bemessung der Steine zu berücksichtigen ist. Aus Fig. 5 u. 6, worin die Lagen,

20.
Allgemeines21.
Abmessungen
der
Backsteine.

in welchen die Mauersteine zu einander gelegt werden können, dargestellt sind, ergeben sich dann folgende Beziehungen:

$$l = 2b + f = 4h + 3f;$$

$$b = 2h + f = \frac{l - f}{2};$$

$$h = \frac{b - f}{2} = \frac{l - 3f}{4}.$$

Das Format der Backsteine ist durch diese Beziehungen genau bestimmt, wenn man eine immer einzuhaltende Fugendicke und eine der drei Abmessungen feststellt. Zu letzterer eignet sich am besten die Dicke h der Steine, weil diese ein gewisses Maß nicht überschreiten darf, sobald die Steine beim Brennen eine durchweg gute Beschaffenheit erhalten sollen. Der »Deutsche Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren, Kalk und Zement« hat ¹⁴⁾ als größtes Maß in dieser Beziehung 65 mm bezeichnet. Nimmt man eine Fugendicke von 10 mm an, so ergeben sich dann nach obigen Formeln für diese Dicke die Maße

$$h = 65 \text{ mm}, \quad b = 140 \text{ mm} \quad \text{und} \quad l = 290 \text{ mm}.$$

Es sind dies die Maße des neuen österreichischen Normal-Ziegelformates ¹⁵⁾.

Dieses österreichische Format ist also in Rücksicht auf den Verband ein theoretisch ganz richtiges, erscheint aber aus hier nicht weiter zu erörternden Gründen als ziemlich groß. Im Gebiete des ehemaligen Norddeutschen Bundes hielt man ein kleineres Format für zweckmäßiger und bestimmte daselbe zu

$$h = 65 \text{ mm}, \quad b = 120 \text{ mm} \quad \text{und} \quad l = 250 \text{ mm},$$

unter Zugrundelegung einer Stosfugendicke von 10 mm. Die Mehrzahl der deutschen Regierungen hat dieses deutsche Normal-Ziegelformat ¹⁶⁾ für die Staatsbauten vorgeschrieben; auch hat es sich im Privatbau sehr viel Eingang verschafft, obgleich immer noch andere Formate (ein kleineres teilweise in Norddeutschland, ein größeres in Bayern) angewendet werden.

Bei diesem deutschen Normal-Ziegelformat ist die Länge gleich der Summe von doppelter Breite und einer Fugenstärke, während die zu diesem Format nach obigen Formeln zugehörige Steindicke anstatt 65 mm nur 55 mm betragen dürfte.

Diese Unrichtigkeit des Formates macht sich geltend, wenn die sog. Rollschichten mit Flachschichten in Verband treten sollen. Unter einer Rollschicht versteht man eine solche Schicht, deren Höhe gleich der Ziegelbreite ist und bei welcher die Steine mit ihrer Länge senkrecht zur Mauerflucht liegen (Fig. 7). Flachschichten sind dagegen solche Schichten, in denen die Steine auf einer Breitseite, und zwar als Läufer oder Binder, liegen. Der Formatfehler zeigt sich darin, daß zwei flach übereinander gelegte Steine mit einer Lagerfuge zwischen sich die Rollschicht um 20 mm überragen müssen, was namentlich im Backsteinrohbau unangenehm werden kann, in welchem bei der Bildung von Sockelmauern und Gefimfen häufig der Fall eintritt, daß Rollschichten mit Flachschichten in Verband zu treten haben.

¹⁴⁾ In der Generalversammlung zu Berlin am 8. u. 9. Februar 1869.

¹⁵⁾ Beschluß des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins 1874.

¹⁶⁾ Zuerst vorgeschlagen vom erwähnten »Deutschen Verein für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren etc.«.

Fig. 5.

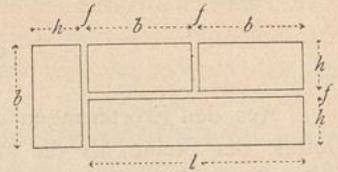


Fig. 6.

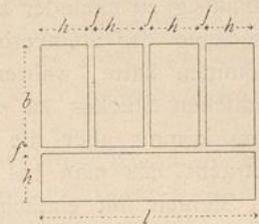
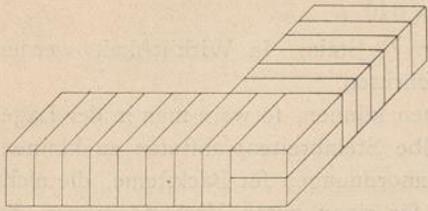


Fig. 7.



Man hat aber die sich so ergebenden Uebelstände anderen Gründen gegenüber nicht erheblich genug erachtet, um das Format anders festzusetzen¹⁷⁾.

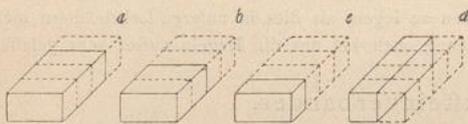
Bei Mauerwerk aus Flachschichten ist keine Notwendigkeit vorhanden, die Dicke der Lagerfugen gleich jener der Stosfugen zu halten. Für die gewöhnlichen Mauersteine (ordinäre Backsteine) ist eine Lagerfuge von

10 mm Dicke etwas wenig; nimmt man dieselbe zu ca. 12 mm an, so erreicht man den Vorteil, daß auf 1 m Höhe eine bestimmte Anzahl von Schichten, nämlich 13 solcher kommen¹⁸⁾.

Um regelrechte Verbände bilden zu können, genügen die ganzen Steine nicht allein; sondern es sind noch Stücke derselben notwendig, die durch Halbteilung und Viertelung gebildet werden. Die Bezeichnung für diese Steinteile ist in den einzelnen Gegenden Deutschlands etwas verschieden. Es soll hier die folgende Bezeichnungsweise, welche als die am wenigsten zu Verwechslungen Anlaß gebende erscheint, festgehalten werden:

1) ein Stück von der vollen Steinbreite und drei Viertel der Länge = Drei-
quartier (Dreiviertelstein, Fig. 8 a);

Fig. 8.



2) ein Stück von der vollen Stein-
breite und zwei Viertel der Länge =
Zwei-
quartier (halber Stein, Fig. 8 b);

3) ein Stück von der vollen Stein-
breite und ein Viertel der Länge = Quar-
tier (Ein-
quartier, Fig. 8 c¹⁹⁾;

4) ein Stück von der ganzen Seitenlänge und halber Breite = Längs-
quartier (langes Quartier, Riemchen, Riemstück, Riemenstein, Fig. 8 d²⁰⁾.

Diese Stücke müssen leider gewöhnlich durch Behauen und Spalten der ganzen Steine hergestellt werden, wodurch sich viel Bruch ergibt; außerdem leidet hierbei durch die starken Erschütterungen die Festigkeit des Materiales. Die Maschinensteine lassen sich häufig gar nicht in regelmässige Stücke zerfchlagen. Deswegen wäre es zweckmässig, wenn die Ziegeleien solche Teilstücke, wenigstens Drei-
quartiere, geformt auf Lager halten würden.

Um nicht unnützen Verhau zu bekommen, macht man die Mauerstärken immer als ein Vielfaches der Steinbreiten und benennt sie dem entsprechend. Man spricht von $\frac{1}{2}$ Stein, 1 Stein, $1\frac{1}{2}$ Stein, 2 Stein etc. starken Mauern.

Unter Zugrundelegung des deutschen Normal-Ziegelformates und einer Dicke der Zwischenfugen von 10 mm ergeben sich dann folgende Mauerstärken:

$\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer	=	120 mm	dick,
1 » » »	=	250 »	»
$1\frac{1}{2}$ » » »	=	380 »	»

¹⁷⁾ Genaueres über Feststellung eines guten Backsteinformates und über die Bestimmung des deutschen Normalformates siehe in: Deutsche Bauz. 1869, S. 146, 257, 269, 281.

¹⁸⁾ Ueber die daraus sich ergebende einfache Massenberechnung siehe: Deutsche Bauz. 1869, S. 630.

¹⁹⁾ Die Bezeichnung Quartier wird auch für kleinere Stücke verwendet.

²⁰⁾ Ein Längs-
quartier wird häufig auch Kopfstück benannt; doch dürfte es zweckmässig sein, diese Bezeichnung zu vermeiden, da dieselbe auch für die Zwei-
quartiere zur Verwendung kommt.

$$\begin{aligned} 2 \text{ Stein starke Mauer} &= 510 \text{ mm dick,} \\ 2\frac{1}{2} \text{ » » » } &= 640 \text{ » » } \end{aligned}$$

etc., also stets eine Zunahme von 130 mm für $\frac{1}{2}$ Stein. In Wirklichkeit werden diese Mauerstärken allerdings gewöhnlich überschritten.

Würde man geformte Dreiquartiere beziehen können, so wäre man in der Lage, die Mauerstärken auch um $\frac{1}{4}$ Steinlängen (halbe Steinbreiten) abstufen zu können.

23.
Regeln für den
Verband.

Es gibt eine ziemliche Zahl von Verbandanordnungen für Backsteine, die nicht alle gleichen Wert besitzen. Als Hauptregeln für einen guten Verband mögen die folgenden angeführt werden; sie entsprechen teils den theoretischen Erörterungen des 1. Kapitels; teils sind sie fachlichen Rücksichten entsprungen:

1) Stosfugen dürfen in aufeinander folgenden Schichten sich nur kreuzen, aber nie aufeinander treffen; es muß immer eine Ueberbindung der Steine von mindestens $\frac{1}{4}$ Steinlänge ($\frac{1}{2}$ Steinbreite) stattfinden. Ein Verband wird im allgemeinen um so besser sein, je weniger Stosfugen einer Mauer in eine lotrechte Ebene fallen.

2) Im Inneren der Mauer sind wo möglich nur Binder zu verwenden, damit der Tiefe nach eine Ueberbindung der Steine um $\frac{1}{2}$ Steinlänge (1 Steinbreite) sich ergibt.

3) Eine Mauer muß möglichst viele ganze Steine enthalten; Steinteile dürfen nur zur Einrichtung der Verbandordnung Verwendung finden.

Die Lehre von den Steinverbänden ist am meisten in Deutschland ausgebildet worden; in England und Frankreich finden sich zwar dieselben Verbände; man scheint aber in diesen Ländern nicht denselben Wert auf eine theoretisch richtige Durchbildung derselben zu legen, als dies in unseren Lehrbüchern meist geschieht. In der Anwendung werden aber häufig genug auch bei uns die Regeln außer acht gelassen.

1) Arten des Backsteinverbandes.

24.
Äußere
Erscheinung.

Wenn auch die Anwendung der verschiedenen Verbände zum Teile von der Mauerstärke abhängig ist und bei Verwendung eines und desselben Verbandes für verschiedene Mauerstärken sich besondere Regeln aufstellen lassen, so bieten dieselben doch schon in der äußeren Ansicht der mit ihnen hergestellten Mauern kennzeichnende Eigentümlichkeiten, die in der verschiedenen Anordnung der Binder und Läufer in den Schichten und in der Anordnung der Schichten zu einander zum Ausdruck kommen. Hiernach sollen die verschiedenen Verbände zunächst übersichtlich zusammengestellt werden.

Eine massive Mauer zeigt äußerlich:

α) Nur Läufer in allen Schichten (Fig. 9²¹) — Schornsteinverband; derselbe wird nur bei $\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern verwendet; man könnte ihn auch Läuferverband nennen.

β) Nur Binderköpfe in allen Schichten (Fig. 10). Es wird dieser Verband mitunter Kopfverband oder Streckerverband genannt; da aber die Bezeichnungen Kopf und Strecker (siehe Art. 19 u. 22) in verschiedenem Sinne verwendet werden, so ist es vielleicht besser, den Namen Binderverband zu gebrauchen.

γ) Wechsel von Läufer- und Binderschichten:

ℵ) regelmäßiger Wechsel in allen Schichten:

α) die Läufer immer lotrecht übereinander (Fig. 11) — Blockverband;

²¹⁾ Sämtliche Backsteinverbände sind im Maßstabe 1 m = 3 cm dargestellt.



b) die Läufer in einer Schicht um die andere um $\frac{1}{2}$ Steinlänge verschoben (Fig. 12) — Kreuzverband;

β) auf 1 Binderfchicht 2, 3 oder mehr Läuferfchichten folgend (Fig. 13) —

englischer Verband. Nach *Rankine* wird der in Fig. 13 dargestellte Verband, bei dem auf 1 Binderfchicht 2 Läuferfchichten folgen, in England für gewöhnliche Fälle als der beste gehalten.

δ) Läufer und Binder in allen Schichten (Fig. 14) — polnifcher oder gotifcher Verband (in England flämifcher Verband genannt).

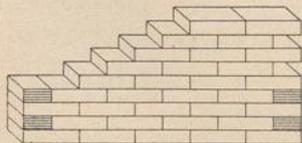
ε) Binderfchichten wechseln mit Schichten, in welchen Läufer und Binder vorkommen (Fig. 15) — holländifcher Verband.

Bei allen diesen Verbänden liegen die Steine fenkrecht zur Mauerflucht. Für fehr starke Mauern würde noch ein Verband hier anzuführen fein, der äußerlich das Block- oder Kreuzverbandmuster zeigt, im Innern aber sich kreuzende Schräglagen von Steinen aufweist. Es ist dies der fog. Strom- oder Festungsverband. Außerdem ist der figurirte Verband zu erwähnen, dessen Anordnung fehr verschieden fein kann und mehr mit Rückficht auf Zierwirkung, als richtige Konftruktion getroffen wird.

Wir gehen nun zur Befprechung der einzelnen Verbände für verfchiedene Mauerfärken und der lotrechten Endigungen der Mauern über.

Beim Läufer- oder Schornfteinverband ergibt die Steinbreite die Mauerdicke, und der regelrechte Verband ist einfach durch Verfchiebung der Steine in einer Schicht um die andere um $\frac{1}{2}$ Steinlänge zu erzielen. In jeder Schicht find nur Läufer vorhanden, die einander um das größtmögliche Stück, nämlich um $\frac{1}{2}$ Steinlänge überbinden. Die lotrechte Endigung der Mauer befchafft man in einfachfter Weife durch Anordnung von Zweiquartieren an einem Ende derfelben, und wenn die Länge der Mauer einer Anzahl von ganzen Steinlängen entfpricht, an den beiden Enden in der zweiten, vierten, fechften etc. Schicht

Fig. 16.



25.
Läuferverband.

(Fig. 16). Durch die Zweiquartiere wird der Verband eingerichtet. Ist die Länge der Mauer gleich einer Anzahl ganzer Steine zuzüglich $\frac{1}{2}$ Stein, so kommen die Zweiquartiere an den Enden in verschiedene Schichten zu liegen, während bei Mauerlängen, die eine Anzahl ganzer Steine zuzüglich $\frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$ Steinlänge messen, zur Endigung derselben auf einer Seite abwechselnd Quartiere und Dreiquartiere erforderlich werden.

Die unvollendete Endigung der Mauer auf der rechten Seite in Fig. 16 nennt man eine Verzahnung, die auf der linken Seite eine Abtreppung.

26.
Binderverband.

Fig. 18 zeigt die Anwendung des Binderverbandes auf eine 1 Stein starke Mauer, die üblichste Anwendung desselben. Alle Stosfugen laufen durch die Mauer hindurch, die nur aus ganzen Steinen gebildet wird, die aber alle nur um $\frac{1}{4}$ Steinlänge sich überbinden, worin die Schwäche dieses Verbandes liegt. Auf der linken Seite der Figur sind Abtreppung und Verzahnung ersichtlich, während die rechte Seite den lotrechten Abchluss der Mauer zeigt, und zwar mit Zuhilfenahme von 2 als Läufer angeordneten Dreiquartieren in einer Schicht um die andere. Es ist diese Anordnung von Dreiquartieren jedenfalls besser, als die Verwendung der zerbrech-

Fig. 17.



Fig. 18.

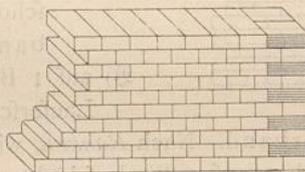
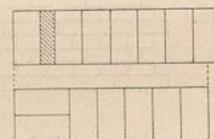


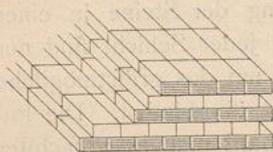
Fig. 19.



lichen Längsquartiere zu demselben Zwecke, die auf zweierlei Weise erfolgen kann, wie Fig. 17 u. 19 ausweisen. Die Längsquartiere werden entweder an das Ende jeder Schicht gelegt, wo aber diese langen und schmalen Stücke leicht aus der Mauer herausgestoßen werden können, oder sie werden besser hinter die ersten Binder gelegt, wobei dann in der folgenden Schicht zwei ganze Steine als Läufer erforderlich werden. Die Längsquartiere werden von den Maurern gern durch kleine Bruchstücke ersetzt, was zu Ungunsten derselben hier noch anzuführen ist. Da nun außerdem die Anwendung der Dreiquartiere, als der größeren Stücke, der Benutzung der Längsquartiere auf Grund der allgemeinen Gefetze für die Verbände vorzuziehen ist, so soll künftighin von der letzteren nur noch ausnahmsweise die Rede sein.

Für Zwecke des Festungsbaues kommt vorschrittmäßig der Binderverband auch bei stärkeren Mauern hie und da zur Anwendung (Fig. 20), jedenfalls in dem Gedanken, daß eine Mauer dem feindlichen Feuer größeren und längeren Widerstand entgegensetzen werde, wenn die Front aus möglichst viel großen Stücken zusammengesetzt ist, daß die einzelnen

Fig. 20.



Steine dem auftreffenden Geschoß besser die kurze Seite, als die lange bieten und daß bei einer solchen Anordnung, infolge der kurzen Ueberbindung der Steine nach der Seite hin, die Wirkung des Schusses auf möglichst kurze Strecken eingeschränkt werde. Will man diese Vorteile ganz erreichen, so dürfen in der Front zur Herstellung des Verbandes mit dem Inneren

der Mauer nur Dreiquartiere zur Verwendung gelangen (Fig. 21), aber nicht Zweiquartiere (Fig. 22), wie dies in Verkennung der der Vorschrift zu Grunde liegenden Absicht mitunter geschehen soll²³⁾.

Fig. 21.



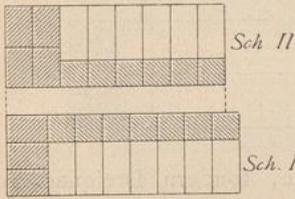
Fig. 22.



²³⁾ Siehe: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1872, S. 131.

Auf die Verwendung dieses Verbandes zur Verblendung von Mauern kommen wir im nächst folgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A) dieses »Handbuches« zu sprechen. Er ist für den Backsteinrohbau von besonderer Wichtigkeit. Doch verdient dieser Verband wegen seiner Einfachheit und Bequemlichkeit auch sonst in geeigneten Fällen, namentlich bei im Ziegelbau ungeübten Maurern, öftere Verwendung.

Fig. 23.



Mauern nicht oft zur Verwendung gelangt. Es liegt sehr nahe, zwei nebeneinander liegende halbe Steine durch einen ganzen zu ersetzen, und man wird so ganz von selbst auf den Block- und den Kreuzverband geführt, die sich nur äußerlich vom Binderverband unterscheiden.

Der Blockverband kann für die verschiedensten Mauerstärken verwendet werden. Es folgt bei ihm auf eine Binderschicht immer eine Läuferföcht, deren Stofsfugen gegen die der ersteren um $\frac{1}{4}$ Steinlänge verschoben sind. Die Stofsfugen der

27.
Blockverband.

Fig. 24.

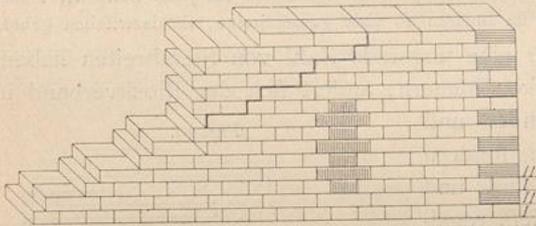
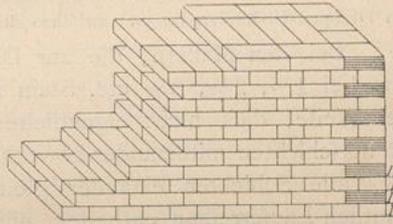


Fig. 25.



Läuferföchten liegen lotrecht übereinander. In Fig. 24 ist eine 1 Stein starke Mauer im Blockverband dargestellt, links mit Abtreppung und Verzahnung, rechts mit der lotrechten Endigung.

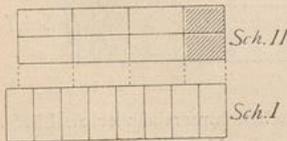
Die Abtreppung zeigt ungleich breite Stufen, wechselnd in den Breiten von $\frac{1}{4}$ Stein und $\frac{3}{4}$ Stein. Die Verzahnung weist gleichmäßig $\frac{1}{4}$ Stein tiefe Lücken auf.

Die lotrechte Endigung ist durch Einlegen von 2 Dreiquartieren an den Enden der Läuferföchten erzielt (Fig. 27). Das Ansichtsmuster ist schraffiert angegeben (Fig. 24). Die lotrechte Endigung kann auch durch Einlegen von Längsquarterien hinter den ersten Bindern der Binderschichten hergestellt werden (Fig. 26); indessen ist die Verwendung von Dreiquartieren aus den früher angegebenen Gründen vorzuziehen.

Fig. 26.



Fig. 27.



Bei der 2 Stein starken Mauer (Fig. 25 u. 28) sind beide Aufsenseiten gleich denen der 1 Stein starken Mauer gebildet. In den Binderschichten liegen zwei Reihen Binder hintereinander und bilden so die Mauerdicke; die Stofsfugen der Binder treffen aufeinander; sie gehen in einer Linie durch die Mauer hindurch: sie schneiden sich. In den Läuferföchten liegen nur Läufer an den Aufsenseiten der Mauer; der Zwischenraum zwischen denselben wird durch eine Reihe Binder ausgefüllt, die so gelegt

find, daß die im Mauerhaupt sichtbar werden- den Stosfugen auch in dieser Schicht durch die Mauer hindurchgehen und die Binder dieser Schicht gegen die der vorhergehenden um $\frac{1}{4}$ Steinlänge verschoben sind.

Die lotrechte Endigung der Mauer wird so hergestellt, daß in den Läufer-schichten vier Dreiquartiere hintereinander liegen, in dieser Weise die Mauerdicke ergeben und den Verband einrichten. In den Binderschichten sind die beiden ersten Binder jeder Seite nicht ganze Steine, sondern Dreiquartiere, zwischen denen dann ein ganzer Stein den Rest der Mauerdicke ausfüllt, so daß auch an dieser Stelle keine Stosfuge lotrecht durch mehrere Schichten durchgeht.

In ganz ähnlicher Weise gestaltet sich der Blockverband für die 3 Stein, 4 Stein etc. starken Mauern oder für alle diejenigen, deren Dicke einer Anzahl von ganzen Steinen oder einer geraden Anzahl von Steinbreiten entspricht. Alle in den Außen-seiten sichtbaren Stosfugen gehen durch die Mauer hindurch; in den Binderschichten liegen so viele Binder hintereinander, als die Mauerdicke verlangt, und im Inneren der Läufer-schichten ebenso viele Binder weniger einem. Die lotrechte Mauerendigung wird dadurch erzielt, daß am Ende der Läufer-schichten so viele Dreiquartiere, als die Mauerdicke Steinbreiten enthält, hinter-einander als Läufer zu liegen kommen und an den Enden der Binderschichten auf jeder Seite der Mauer ein Dreiquartier-Binderpaar und zwischen diesen im Inneren so viele ganze Steine, als dazwischen gehen.

Bei den Mauern, die zur Dicke eine ungerade Zahl von Steinbreiten haben, also bei $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, $3\frac{1}{2}$ etc. Stein starken Mauern, ändert sich der Blockverband in der Weise, daß nicht eigentliche Binder- und Läufer-schichten miteinander abwechseln, sondern daß alle Schichten einander gleich sind und sämtlich Läuferreihen enthalten, nur diese regel-mäßig abwechselnd auf entgegengesetzten Seiten der Mauer. Bloß die in den Läuferreihen sichtbar werdenden Stosfugen gehen durch die ganze Mauerdicke hindurch. Es schneiden sich also nicht alle Fugen. Fig. 29 gibt als Beispiel eine $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer.

Ganz ebenso werden die stärkeren Mauern gebildet, nur daß einer Läuferbreite genügend viele hintereinander liegende Binderreihen hinzuzufügen sind.

Die lotrechte Endigung der $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer ist in Fig. 31 dargestellt. In der Schicht I geben zwei hintereinander liegende Dreiquartier-Binderpaare die Mauerstärke, in der Schicht II drei als Läufer hintereinander liegende Dreiquartiere.

Fig. 28.

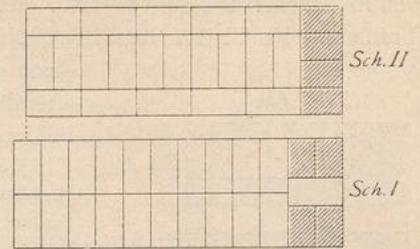


Fig. 29.

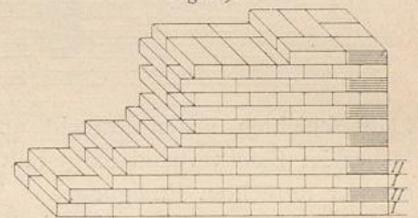
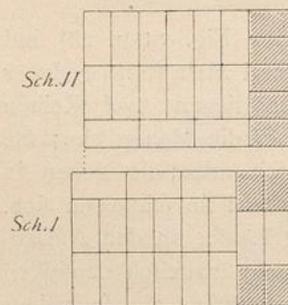
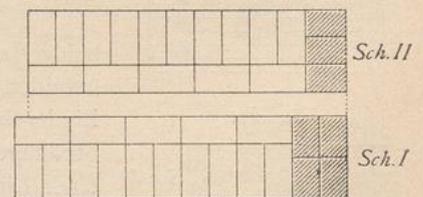


Fig. 30.



Ganz ähnlich ist es bei den stärkeren Mauern, wie das Beispiel einer $2\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer (Fig. 30) zeigt. In den Schichten I treten zwischen die Dreiquartier-Binderpaare genügend viele Binderpaare von ganzen Steinen; die Schichten II zeigen dagegen so viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten zur Dicke hat, hintereinander als Läufer. Es gelten also für die lotrechte Endigung der Mauern von einer Dicke,

Fig. 31.



die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entspricht, genau dieselben Regeln wie für Mauern, die eine gerade Zahl von Steinbreiten zur Dicke haben.

Hat man geformte Dreiquartiere zur Verfügung, so lassen sich mit deren Hilfe, wie schon früher angeführt worden, auch $1\frac{1}{4}$, $1\frac{3}{4}$ Stein starke Mauern herstellen.

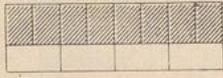


Fig. 32.

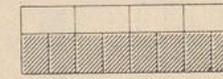
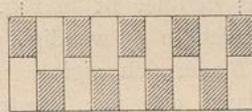


Fig. 33.



Neben stehend werden in Fig. 32 und 33²³⁾ zwei dergleichen Beispiele gegeben; die Mauerenden lassen sich für diese Mauerstärken nicht ganz regelrecht herstellen.

Beim Kreuzverband wechseln, wie beim Blockverband, regelmäßig Läuferfichten und Binderfichten miteinander ab, deren Stosfugen gegenseitig um $\frac{1}{4}$ Steinlängen verschoben sind; außerdem sind aber die Läuferreihen abwechselnd um $\frac{1}{2}$ Steinlänge gegeneinander verschoben, so daß die Stosfugen einer Läuferreihe auf die Mitten der Läufer der nächst darauf folgenden und nächst darunter liegenden Läuferficht treffen (siehe die 1 Stein starke Mauer in Fig. 34 u. 35). Es wird dies erreicht durch Einschaltung eines Binders bei der 1 Stein

28.
Kreuzverband.

starken Mauer vor dem Ende der vierten Schicht (natürlich einer Läuferficht). Zur Anlage des Kreuzverbandes einer 1 Stein starken Mauer sind also immer drei verschiedene Schichten notwendig; die Binderfichten I und III sind immer einander

gleich; die Läuferfichten II und IV wechseln regelmäßig miteinander ab. Sonst ist die Anlage der Schichten und der Endabschluss, wie beim Blockverband.

Fig. 34.

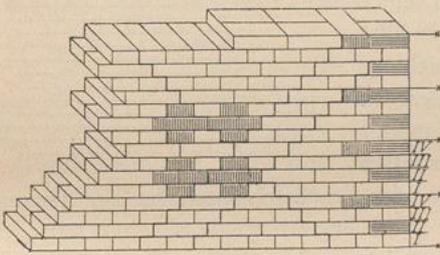
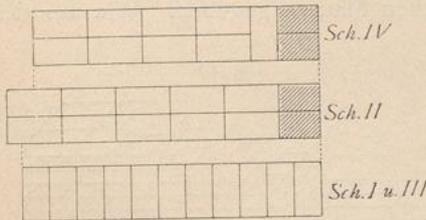


Fig. 35.



Als äußere Merkmale des Kreuzverbandes ergeben sich die abgeforderten Kreuze des Verbandmusters (durch Schraffierung in Fig. 34 angedeutet), ferner die gleichmäßige Abtreppung (beim Blockverband in ungleichen Stufen) und doppelt abgestufte Lücken in der Verzahnung (beim Blockverband einfach abgestufte Lücken). Die Abtreppung läßt sich so viele Male nach beiden Richtungen in der Maueransicht zeichnen, als ganze Läufer in einer Schicht liegen.

Auch bei den stärkeren Mauern, deren Dicke einer geraden Anzahl von Steinbreiten entspricht, ist die Verbandanlage der ersten drei Schichten genau wie beim Blockverband; nur jede vierte Schicht zeigt die Einschaltung von Zweiquartieren in den Läuferreihen vor den am Ende liegenden Dreiquartieren, um das Kreuzverbandmuster herzustellen. Als Beispiel sind in Fig. 36 die zur Herstellung einer 2 Stein starken Mauer notwendigen Schichten gegeben.

Etwas anders ist es bei den Mauern, die in ihrer Dicke eine ungerade Anzahl von Steinbreiten enthalten. Bei diesen sind nur die ersten beiden Schichten gleich denen des Blockverbandes; die beiden folgenden enthalten in den Läuferreihen ein Zweiquartier vor den Dreiquartieren am Ende der Mauer. Dann beginnt die Schichten-

²³⁾ Nach: GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. I. Teil. Berlin 1880. S. 48.

Fig. 36.

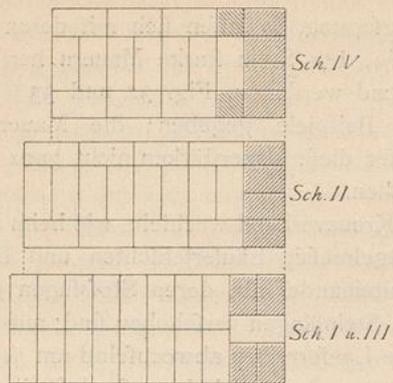
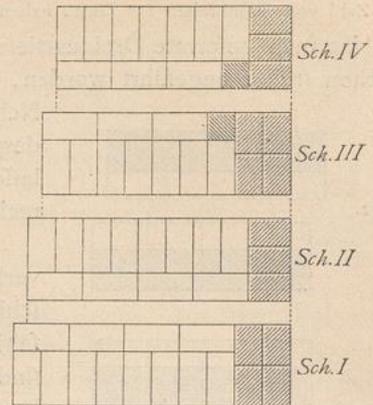


Fig. 37.

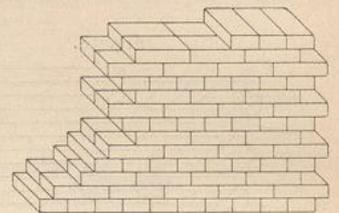


folge von neuem. Es sind also in diesen Fällen (als Beispiel ist in Fig. 37 eine $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer gegeben) vier verschiedene Schichten notwendig, und zwar damit das Kreuzverbandmuster auf beiden Seiten der Mauer sich ergibt.

29.
Englischer
Verband.

Nach *Rankine* besteht der englische Verband darin, daß man wiederkehrend ganz aus Läufern oder Bindern zusammengesetzte Schichten legt. Er begreift also den Block- und Kreuzverband von 1 Stein starken Mauern in sich, bei welchen der Wechsel regelmäßig in allen Schichten erfolgt. Manchmal kommt er aber auch so vor, daß auf eine Binderschicht mehrere Läuferfichten folgen. Fig. 38 zeigt eine 1 Stein starke Mauer, bei welcher nach einer Binderschicht zwei Läuferfichten kommen. Es läßt dieses Beispiel, wie alle ähnlichen, eine Abweichung von der bei allen regelrechten Ziegelverbänden zu befolgenden Regel erkennen, daß in übereinander liegenden Schichten keine Stosfugen aufeinander fallen dürfen. Hier treffen die gedeckten Stosfugen der Läuferfichten in der ganzen Länge der Mauer aufeinander.

Fig. 38.



30.
Polnischer
Verband.

Der polnische oder gotische Verband kennzeichnet sich dadurch, daß in allen Schichten Läufer und Binder im Mauerhaupt sichtbar werden. In Fig. 39 u. 40 sind Beispiele von 1 Stein und $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern gegeben. Wie aus den-

Fig. 39.

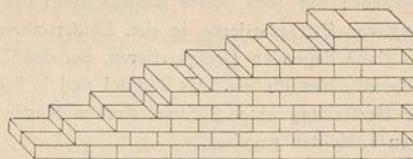
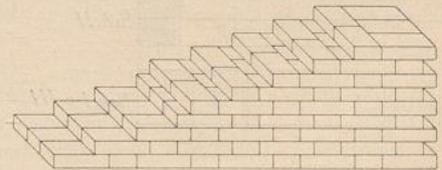


Fig. 40.



selben hervorgeht, leidet dieser Verband an demselben Fehler, wie der eben vorher beschriebene englische. Es treffen nämlich die gedeckten Stosfugen in den übereinander liegenden Schichten, hier allerdings nur teilweise, dafür aber in der ganzen Höhe der Mauer durchgehend, aufeinander. Bei der $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer kommt noch hinzu, daß die Binder aus zwei hintereinander liegenden Dreiquartieren

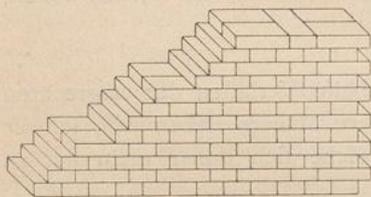
beftehen, die also die unter ihnen liegenden Läufer nur um $\frac{1}{4}$ Steinlänge überbinden, während beim Block- und Kreuzverband der Tiefe der Mauer nach immer um $\frac{1}{2}$ Steinlänge überbunden wird. Die Verwendung von so vielen Dreiquartieren widerspricht zudem dem Grundsätze, das möglichst viele ganze Steine zum Mauerverband benutzt werden sollen. Hat man nicht geformte Dreiquartiere, so wird durch den starken Verhau die Ausführung auch kostspielig. Man sieht hiernach, das dieser Verband für massive Backsteinmauern nicht empfohlen werden kann; dagegen wird sich später ergeben, das er bei Verblendungen und hohlen Mauern recht wohl verwendbar ist. Er wird dann aber häufig dahin verändert, das zwischen die Binder mehrere Läufer gelegt werden.

In England, wo dieser Verband, wie angedeutet, den Namen flämischer Verband führt, wird er des hübschen Musters wegen häufig zur Anwendung gebracht.

Die Verzahnung ist bei diesem Verband dieselbe, wie beim Kreuzverband, nämlich gleichmäßig mit $\frac{1}{4}$ Stein tiefen Lücken; die Abtreppung ist ebenfalls gleichmäßig, aber mit $\frac{3}{4}$ Stein breiten Stufen.

Beim holländischen Verband wechseln Binderschichten mit Schichten ab, in welchen Läufer und Binder zur Ansicht kommen. Dadurch wird der Fehler des polnischen Verbandes (Aufeinandertreffen von Stoßfugen) vermieden, wie dies die in Fig. 41 dargestellte 1 Stein starke Mauer zeigt. Bei der $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauer wird aber hier der Verbrauch an Dreiquartieren noch bedeutender, als beim polnischen Verband.

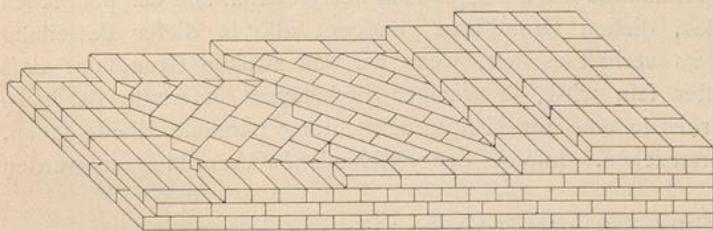
Fig. 41.



Die Verzahnung ist gleichmäßig mit einfachen, $\frac{1}{4}$ Stein tiefen Lücken; die Abtreppung zeigt den regelmäßigen wiederkehrenden Wechsel von drei aufeinander folgenden, $\frac{1}{4}$ Stein breiten Stufen mit einer $\frac{3}{4}$ Stein breiten.

Der fog. Strom- oder Festungsverband ist nur für sehr starke Mauern anwendbar, wie deren im eigentlichen Hochbau, außer bei Gründungen, selten vorkommen. Er gelangt besonders beim Wasser- und Festungsbau zur Verwendung, auch für Stützmauern, und ist in dem Bestreben erfunden worden, eine möglichst große Verwechslung oder verschiedenartige Lage der Stoßfugen innerhalb des Mauerkörpers zu erhalten. Zu diesem Zwecke hat man auf zwei gewöhnliche Schichten des Kreuz- oder Blockverbandes mehrere Schichten von sich kreuzenden Schräglagen (Strom-

Fig. 42.



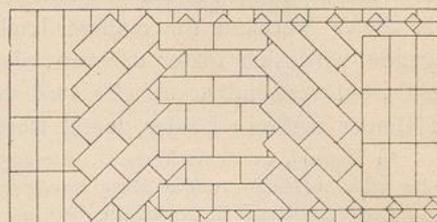
Schichten stattfindet (Fig. 42). Die Schräglagen bilden mit den Mauerfluchten Winkel von 45 Grad oder besser 60 Grad; äußerlich sind sie mit dem Block- oder Kreuzverband zugehörigen Steinreihen verkleidet. Der Anschluß an die letzteren erfolgt mit spitzwinkligen Stücken, die wohl zweckmäßigerweise als Formsteine (nach Heusinger v. Waldegg Klampziegel oder Spitzsteine genannt) bezogen werden.

31.
Holländischer
Verband.

32.
Stromverband.

Für abgetreppte Grundmauern in diesem Verbande kann man der Verkleidungsschichten und der Vollendung der Schrägschichten mit Formsteinen entbehren. Es folgt auf eine gerade Schicht nur eine Schrägschicht (Fig. 43), dann wieder eine gerade Schicht und auf diese eine Schrägschicht in einer der ersten entgegengesetzten Richtung. Die geraden Schichten werden immer um eine halbe Steinlänge schmaler²⁴⁾. Sie können abwechselnd aus lauter Bindern oder aus lauter Läufern zusammengesetzt werden.

Fig. 43.



33-
Figurierter
Verband.

Die figurierten Verbände werden gewählt, um mit ihnen Wandflächen zu verzieren. Es kann dies entweder so geschehen, dafs man:

α) die beschriebenen oder annähernd nach den Regeln derselben gebildeten Verbände nach ihrem Muster oder sich aus denselben ergebenden Motiven in verschiedenfarbigen Steinen ausführt, oder dafs man

β) beliebige neue Muster erfindet, deren Fugenlinien zierend wirken sollen, oder dafs man

γ) beide Verfahren verbindet.

Die Ausführungsweisen unter β geben häufig beim Verlassen der wagrechten Schichtung Anordnungen, die sich, sobald man stärkere Mauern haben will, schwer mit einer Hintermauerung verbinden lassen, und welche sich daher mehr nur zu schwachen Ausmauerungen von Fachwerken eignen.

Zu den in figurierten Verbänden ausgeführten Mauern gehören auch die durchbrochenen.

Da die figurierten Verbände sich in außerordentlicher Mannigfaltigkeit bilden lassen und dieselben mehr dem Gebiete der Formenlehre angehören, so würde hier das Vorführen von Beispielen nicht angebracht sein. Es dürfte genügen, unten²⁵⁾ auf einige hauptsächlich in Betracht kommende Werke zu verweisen.

34-
Vergleich der
verschiedenen
Verbände.

Vergleichen wir die Verbände mit Rücksicht auf den im 1. Kapitel aufgestellten ersten Hauptgrundsatz für alle Steinverbände: dafs nämlich in zwei aufeinander folgenden Schichten keine Stofsflächen aufeinander treffen dürfen, so ergibt sich, dafs alle Verbände, mit Ausnahme des als englischen bezeichneten und des polnischen oder gotischen Verbandes, diesem Grundsatze genügen, also in dieser Beziehung gleichwertig sind. Anders verhält es sich, wenn wir den zweiten Grundsatz: dafs ein Verband um so fester sein wird, je weniger Stofsflächen innerhalb der Ausdehnung eines Mauerwerkes in eine zur Hauptdruckrichtung parallele Ebene fallen, mit zum Vergleiche heranziehen. Infolge der verschiedenen Anordnungen werden

²⁴⁾ Siehe: MÜLLER, H. Die Maurerkunst. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 87.

²⁵⁾ FLEISCHINGER, A. F. & W. A. BECKER. Systematische Darstellung der im Gebiete der Landbaukunst vorkommenden Constructions etc. Abt. I: Die Mauerwerks- oder Stein-Constructions. Berlin 1859.

ADLER, F. Mittelalterliche Backsteinbauwerke des preussischen Staates. Berlin 1859.

GRÜNER, L. *Terracotta architecture of North Italy (12.-16. cent.)*. London 1867.

DEGEN, L. Der Ziegelrohbau. München 1859-65.

BETHKE, H. Decorativer Ziegelbau ohne Mörtelputz. Stuttgart 1877.

CHABAT, P. *La brique et la terre cuite*. Paris 1881.

LACROUX, J. *La brique ordinaire*. Paris 1883-84.

GOTTLÖB, F. Formenlehre der norddeutschen Backsteingothik. Leipzig 1900.

sich die Verbände für die verschiedenen möglichen Druckrichtungen verschieden schätzen lassen. Die Hauptdruckrichtungen können entweder in eine zur Mauerflucht parallele oder in eine zu derselben rechtwinkelige, auf den Lagerfugenflächen senkrecht stehende Ebene fallen. Fälle, bei denen die Drücke in schräg zur Mauerichtung stehenden Ebenen liegen, lassen sich durch Kräftezerlegung auf jene beiden anderen Fälle zurückführen. Da wir hier nur die gewöhnliche wagrechte Lagerung der Schichten in Betracht ziehen wollen, so sind jene Druckrichtungsebenen lotrechte. Die lotrechte Richtung des Druckes gehört beiden Druckrichtungsebenen gemeinschaftlich an; sie hat uns daher zunächst zu beschäftigen.

Aus der Betrachtung der Verbände ergibt sich, daß für die lotrechte Druckrichtung der vorteilhafteste Verband der Strom- oder Festungsverband und nach diesem der Kreuzverband sein muß, weil bei diesen die Lage der Stosfugen am meisten wechselt. Der erstere kann bei Hochbauten zu selten angewendet werden, so daß also für diesen Fall der Kreuzverband obenan steht. Ihm würde der englische Verband gleich kommen, wenn er nicht den schon besprochenen, hier gerade sehr wesentlichen Fehler hätte.

Drücke, die in der Längen- oder Querrichtung auf ein Mauerwerk wirken, werden die Zugfestigkeit der Schichten in Anspruch nehmen. Diese ist um so größer, je weniger Stosfugen die Druckrichtung durchschneidet, d. h. je mehr Steine mit ihrer Länge in der Druckrichtung liegen. Für Drücke in der Längenrichtung wird demnach als der ungünstigste Verband der Binderverband zu bezeichnen sein. Blockverband und Kreuzverband haben gleich viele Läufer in der Längenrichtung, werden also als gleich fest angesehen werden müssen. Betrachten wir indes diese beiden Verbände etwas näher, und zwar in Beziehung auf die Gestaltung der möglichen Trennungsfächen, so erweist sich für diesen Fall der Druckrichtung der Blockverband etwas günstiger, weil infolge der ihm eigentümlichen ungleichförmigen Ab-

Fig. 44.

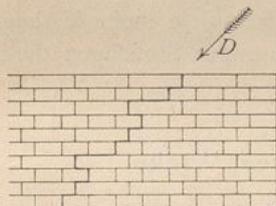
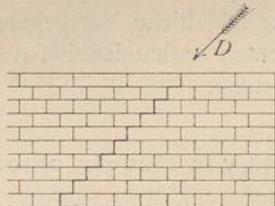


Fig. 45.



treppung die Trennungsfäche verhältnismäßig mehr Ausdehnung erhält, als beim Kreuzverband mit seiner gleichförmigen Abtreppung (siehe Fig. 44 u. 45). Vorausgesetzt wird hierbei natürlich immer, daß der Ziegel fester, als die Mörtelfuge ist, wie ja

überhaupt bei der Feststellung einer vergleichsweise besten Verbandanordnung die Verbindung durch den Mörtel nicht zu berücksichtigen ist.

Einem Drucke, dessen Richtungsebene senkrecht zur Mauerrichtung steht, der also die Querfestigkeit der Mauer beansprucht, wird dagegen der Binderverband den meisten Widerstand entgegenzusetzen. Blockverband und Kreuzverband sind für diesen

Fig. 46.



Fall ganz gleichwertig, weil der Mauerquerschnitt bei beiden ganz gleich gestaltet ist (siehe Fig. 46, Querschnitt einer 2 Stein starken Mauer in Block- oder Kreuzverband). Beide stehen auch dem Binderverband nicht viel nach, und bei stärkeren Mauern wird dieser Unterschied verschwindend klein, weil bei ihnen das Innere der Mauer ja auch, wie beim Binderverband, aus lauter Bindern besteht.

Nach Rankine²⁶⁾ sollte die Anzahl von Läufer- und Binderfchichten von der bezüglichen Wichtigkeit der Längen- oder Querfestigkeit abhängen. Nach ihm ist das Verhältnis von einer Binderfchicht auf je zwei Läuferfchichten dasjenige, welches der Mauer gleiche Zugfestigkeit in der Längen-, wie in der Querrichtung verleiht und welches sonach in gewöhnlichen Fällen als das beste angesehen werden kann. Er sagt weiter: »Bei einer Fabrikese ist Festigkeit in der Längenrichtung, welche einer Kraft, die den Schornstein zu spalten strebt, widersteht, von größerer Wichtigkeit, als wie die Festigkeit in der Querrichtung; deshalb ist es bei solchen Bauten rätlich, verhältnismäßig mehr Läufer, also drei bis vier Läuferfchichten auf eine Binderfchicht anzuwenden.«

Jedenfalls wird bei einem derartigen Verband die Abweichung vom ersten Hauptgrundfatz für alle Verbände sehr groß. Weiter ist zu berücksichtigen, daß die lotrechte Druckrichtung schon durch das Eigengewicht des Materials, außerdem aber durch Gebälke und deren Belastungen, die bei weitem häufigste ist und diese nicht bloß einen Verband in der Längenrichtung, sondern auch in der Querrichtung verlangt. Es wird daher für die gewöhnlichen Fälle dem Kreuzverband ein Vorzug gewahrt bleiben müssen. Der Vorzug des Kreuzverbandes vor dem Blockverband wird übrigens nur bei schwächeren Mauern entschieden zum Ausdruck gelangen, da bei stärkeren Mauern der Unterschied zwischen beiden Verbänden nur in den $\frac{1}{2}$ Stein breiten Läuferreihen vorhanden ist, also nicht stark in das Gewicht fallen kann.

Lotrechten Drücken auf eine Mauer gleich zu achten sind Beanspruchungen derselben, die infolge von ungleichen Senkungen des Fundamentes zu stande kommen.

Drücke in der Längenrichtung der Mauer ergeben sich im Hochbau meist durch Ueberwölben von Oeffnungen in derselben, Drücke in der Querrichtung durch gegen dieselbe gespannte Gewölbe und Bogen, für welche besonderen Fälle sich der Blockverband, bezw. der Binderverband als die günstigsten Verbände herausstellten; der Kreuzverband steht ihnen aber auch hier nicht viel nach. Da aber diese Beanspruchungen in der Regel zusammen mit der in lotrechter Richtung auftreten und für diesen häufigsten Fall der Kreuzverband der günstigste ist, so erscheint der Vorzug, der demselben in der Regel vor den übrigen eingeräumt wird, als begründet.

Auf die Mauern können unter Umständen auch Drücke in wagrechter Richtung oder parallel den Lagerfugenflächen einwirken. Da diese immer durchgehen, so sind für diesen Fall alle Verbände gleichwertig. Treten solche Drücke vereinzelt auf, so werden um so weniger schädliche Verrückungen eintreten, je mehr Verband innerhalb der einzelnen Schichten vorhanden ist, d. h. je weniger Stofsfugen durch die ganze Schicht hindurch laufen.

2) Zusammenstofs von Mauern unter rechtem Winkel.

35.
Arten
des
Zusammen-
stosses.

Geschlossene Räume ergeben sich durch den Zusammenstofs von Mauern. Dieser erfolgt meist unter rechtem Winkel und kann in der Weise stattfinden, daß zwei Mauern entweder eine Ecke bilden oder daß eine Mauer auf die Flucht einer andern trifft oder daß sie sich durchkreuzen. Alle diese Fälle lassen sich auf die schon besprochene Herstellung der lotrechten Endigung einer Mauer zurückführen²⁷⁾, nur daß hier der Abschluß der einzelnen Schichten abwechselnd in der einen und der anderen Mauer aufzufuchen ist. Es sollen die einzelnen Fälle für die verschiedenen Mauerstärken für sich behandelt werden, aber nur für den Block- und den Kreuzverband und nur für Verwendung von Dreiquartieren zur Herstellung des Schichtenabschlusses.

²⁶⁾ In: Handbuch der Bauingenieurkunst. Deutsch von F. KREUTER. Wien 1880. S. 431.

²⁷⁾ Siehe Art. 25—28 (S. 23—27).

Befolgt man bei der Anlage von ganzen Mauerystemen die Regel, eine in derselben Höhe durchlaufende Schicht in den parallel laufenden Mauern nur als Binderschicht oder nur als Läuferfchicht auszuführen, so ergibt sich daraus, dafs an einer Ecke eine Binderschicht mit einer Läuferfchicht zusammentreffen mufs. Es gilt dies auch für Mauerstärken, die einer ungeraden Zahl von Steinbreiten entsprechen, wenn man nur durchgängig die Bezeichnung Läufer- oder Binderschicht von derselben Seite der Mauer ableitet. Die Herstellung des Eckverbandes erfolgt dann in der Weise, dafs man immer die Läuferfchicht bis zur anderen Mauerflucht

36.
Mauerecke.

Fig. 47.



Fig. 48.

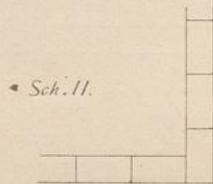


Fig. 49.

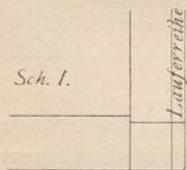


Fig. 50.

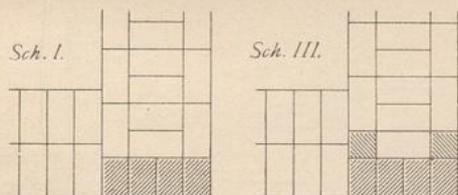
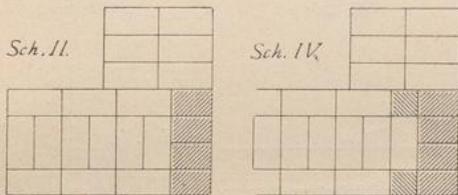
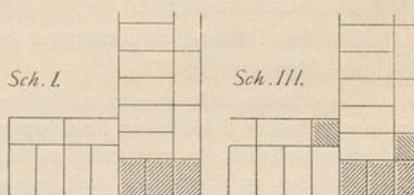
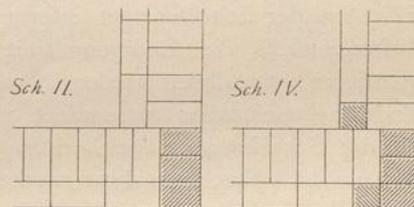


Fig. 51.



durchlaufen läßt (siehe das Schema in Fig. 47) und dort nach den Regeln abschließt, wie sie für die lotrechte Endigung der Mauern gegeben worden sind, d. h. dort so viele Dreiquartiere als Läufer nebeneinander legt, als die betreffende Mauer Steinbreiten zur Dicke hat; diese erscheinen dann als Binder in der anderen Mauerflucht. Eine Ausnahme macht nur die Ecke von $1\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern, bei welcher die Schichten durch ganze Steine geschlossen werden, der fog. Schornsteinverband (siehe Fig. 48). Als Beispiele mögen obenstehend dienen: die rechtwinkelige Ecke von zwei 1 Stein starken (Fig. 49), 2 Stein starken (Fig. 50), $1\frac{1}{2}$ Stein

starken (Fig. 51) Mauern, sowie die Ecke, gebildet von einer $1\frac{1}{2}$ Stein starken und einer 2 Stein starken Mauer (Fig. 52). In diesen Beispielen sind die Schichten *I* und *II* zur Herstellung des Blockverbandes, die Schichten *I* bis *IV* zur Herstellung des Kreuzverbandes auf allen Seiten erforderlich. Aus diesen Abbildungen ist ersichtlich, daß immer die innere Flucht der Läuferfchicht der einen Mauer als Stosfuge durch die andere Mauer hindurchgeht, und daß die der inneren Ecke (dem Winkel) zunächst liegende durchgehende Stosfuge der Läuferfchicht um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernt liegt (siehe das Schema in Fig. 47).

37.
Anschluß einer
Mauer an eine
andere.

Der zweite Fall, daß eine Mauer rechtwinkelig auf die Flucht einer anderen trifft, kommt gewöhnlich beim Anstoß von Scheidewauern an eine Umfassungs- oder Mittelmauer vor. Wir wollen die erstere daher kurzweg Scheidewauer nennen. Es gelten hier ähnliche Regeln, wie bei der rechtwinkelligen Ecke. Man läßt die Läuferfchicht der einen Mauer (der Scheidewauer) bis zur äußeren Flucht der anderen (der Hauptmauer) hindurchlaufen, bezw. diese mit der inneren Flucht am Ende der Scheidewauern vorübergehen (siehe das Schema in Fig. 53). Nur die Läuferfchichten der Scheidewauer erfordern am Zusammenstoß die Endigung mit Drei-
quartieren, von denen wieder so viele am Ende nebeneinander angeordnet werden, als die Scheidewauer Steinbreiten in der Dicke zählt. Eine Ausnahme machen hier die Fälle, in denen zwei $\frac{1}{2}$ Stein starke Mauern zusammenstoßen (Fig. 54) oder eine $\frac{1}{2}$ Stein starke Scheidewauer auf eine stärkere Mauer trifft (Fig. 55).

Im ersteren Falle werden zu beiden Seiten der durchgehenden Schicht der Scheidewauer Drei-
quartiere erforderlich. Im zweiten Falle (die stärkere Mauer in Fig. 55 ist 1 Stein stark angenommen) müssen in der durchgehenden Schicht der $\frac{1}{2}$ Stein starken Scheidewauer zwei Drei-
quartiere als Läufer hintereinander gelegt werden. In allen anderen Fällen gilt die angegebene Regel, zu der noch kommt, daß die den Winkeln zunächst liegenden durchgehenden Stosfugen der durchlaufenden Schichten gegen die Fluchten der stumpf anstoßenden Schicht um $\frac{1}{4}$ Steinlänge verschoben sind. Die Beispiele in Fig. 56 bis 59 verdeutlichen dies. Die Schichten *I* und *II* genügen zur Herstellung des Blockverbandes, während die Schichten *I* bis *IV* zur Herstellung des Kreuzverbandes notwendig sind.

38.
Durchkreuzung
von Mauern.

Auch für den dritten Fall: der rechtwinkelligen Durchkreuzung von Mauern, sind ähnliche Regeln maßgebend. Man läßt die Läuferfchichten ungestört durch die andere Mauer hindurchgehen und hat nur darauf acht zu geben, daß die den Winkeln zunächst befindlichen durchgehenden Stosfugen derselben um $\frac{1}{4}$ Stein-

Fig. 52.

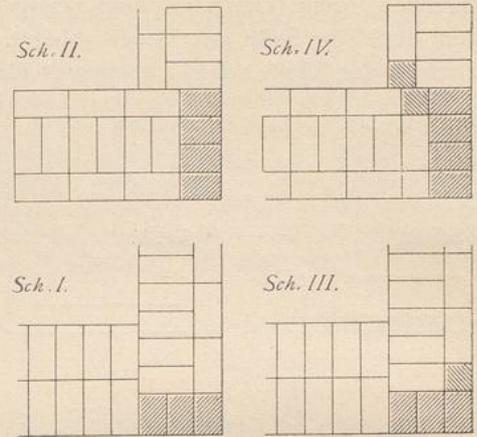


Fig. 53.

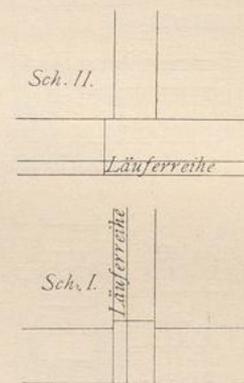


Fig. 54.

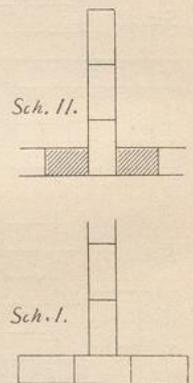
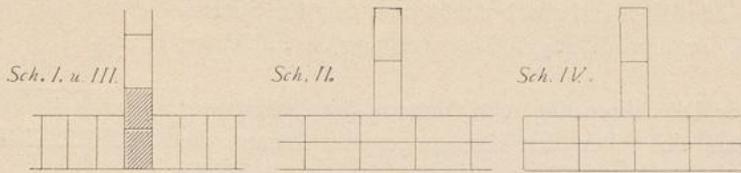


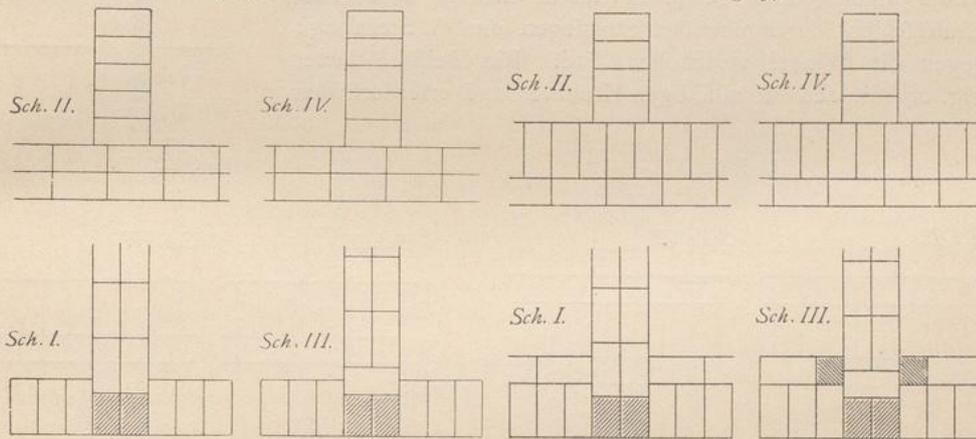
Fig. 55.



länge von den Winkeln entfernt liegen (siehe das Schema in Fig. 60). Fig. 61 bietet ein regelrechtes Beispiel hierfür. Nur in denjenigen Fällen, in denen eine

Fig. 56.

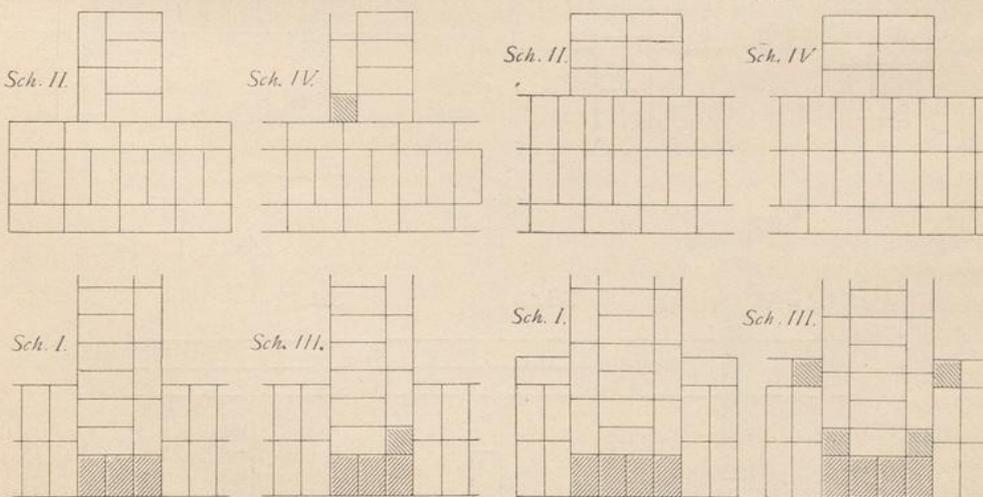
Fig. 57.



$\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer eine gleich starke oder eine stärkere durchkreuzt, sind Abweichungen in der Verbandanlage der $\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern notwendig. Es müssen Dreiquartiere angeordnet werden, um den regelrechten Stofsugenwechsel der

Fig. 58.

Fig. 59.



übereinander folgenden Schichten herbeizuführen (Fig. 62 u. 63). Für den Blockverband braucht man nur die Schichten I und II, für den allseitigen Kreuzverband die Schichten I bis IV.

Bei der Durchkreuzung von Mauern tritt häufig der Fall ein, daß sich über den Kreuzungspunkt hinaus die Mauerstärken verändern. Hierbei sind die für den Anschluß von Scheidemauern und für die Durchkreuzung vorgeführten Regeln zusammen zu verwenden. Man läßt die Läuferfichten durchgehen und schließt sie da, wo sie nicht weiter laufen können, mit Dreiquartieren ab. Auch ist immer wieder darauf genau zu achten, daß die durch eine Läuferficht durchgehenden Stosfugen um $\frac{1}{4}$ Steinlänge gegen die Winkel verschoben sind. Ein Beispiel bietet Fig. 64 mit den für allseitigen Kreuzverband erforderlichen

Fig. 60.

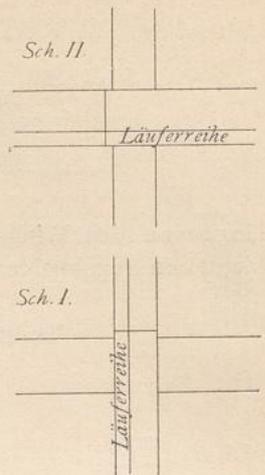


Fig. 61.

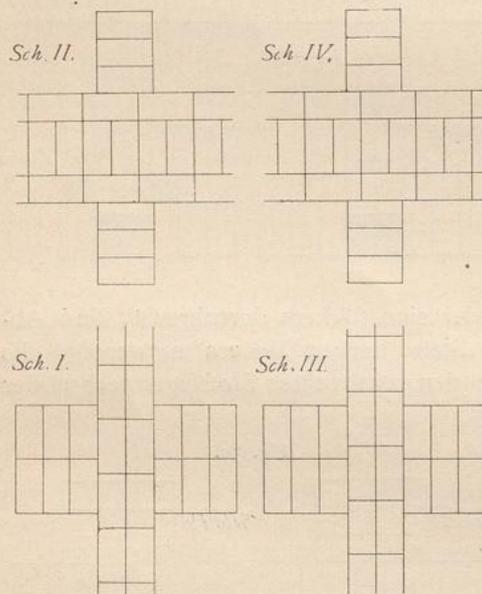


Fig. 62.

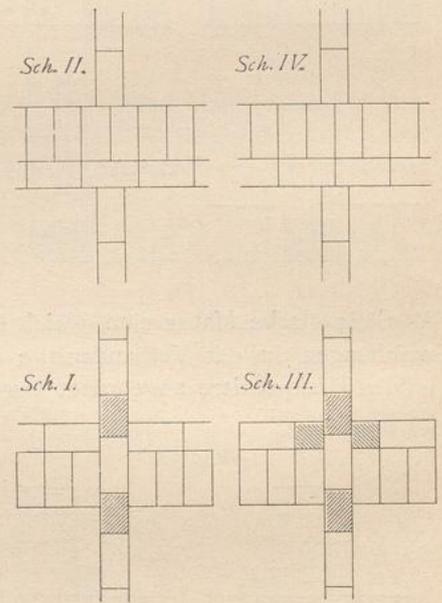


Fig. 63.

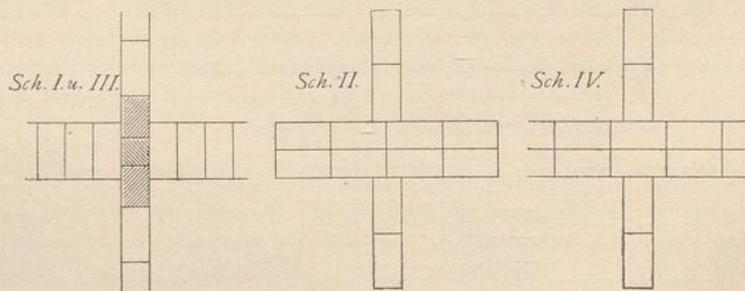
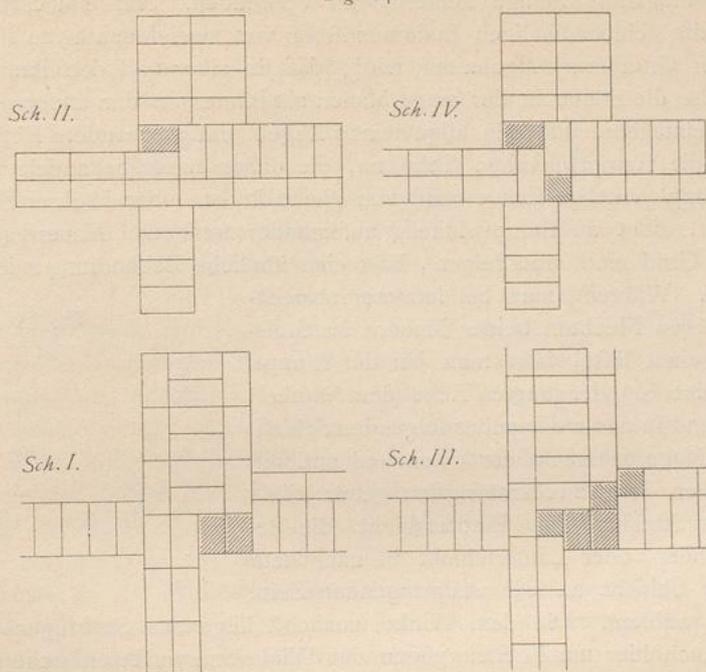


Fig. 64.



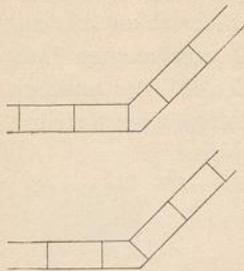
vier Schichten. Die richtige Anordnung der Dreiquartiere ist bei derartigen zusammengefügteren Fällen die Hauptfache.

3) Zusammenstoß von Mauern unter schiefen Winkeln.

In den Gebäuden kommt häufig der Fall vor, daß zwei oder mehrere Mauern unter schiefen Winkeln zusammenstoßen. Handelt es sich dabei nur um zwei Mauern, so können diese wieder entweder eine Ecke bilden oder sich aneinander anschließen oder sich durchkreuzen. Für diese Fälle gelten natürlich auch die allgemeinen Regeln für alle Backsteinverbände, insbesondere aber, soweit möglich, die Regeln für den rechtwinkligen Zusammenstoß. Die Eckanlage erfordert hier jedoch ganz besondere Aufmerksamkeit. Die schiefwinkelige Ecke kann man der Natur der Sache nach nicht mit rechtwinkligen Steinen herstellen; sondern man muß die Steine nach dem zwischen den zusammenstoßenden Mauern vorhandenen Winkel verhauen, wenn man nicht besondere Formsteine verwenden kann. Die Beschaffung der letzteren wird sich empfehlen, wenn an einem Gebäude vielfach derselbe Winkel zwischen den Mauern vorkommt. In beiden Fällen dürfen aber diese Eckstücke nicht zu klein angenommen werden. Bei den zugehauenen Steinen müssen die in die äußeren Fluchten fallenden möglichst wenige verhauene Flächen nach außen hin erhalten, da durch das Verhauen die etwas angefeuerte und deshalb besonders witterungsbeständige Außenkruste der Mauersteine entfernt wird. Ebenso müssen dieselben möglichst genau zugehauen werden, was für die in das Innere der Mauer fallenden nicht in solchem Maße notwendig ist. Auf die Ecke darf nie eine Stoßfuge treffen; auch sind spitze Winkel der Steine an den Außenflächen möglichst zu vermeiden. Alle Stoßfugen müssen wo möglich senkrecht zu den Mauerfluchten stehen. Wie bei allen Ziegelverbänden ist auch hier der Stoßfugenverband immer einzuhalten,

39.
Mauerecke.

Fig. 70.

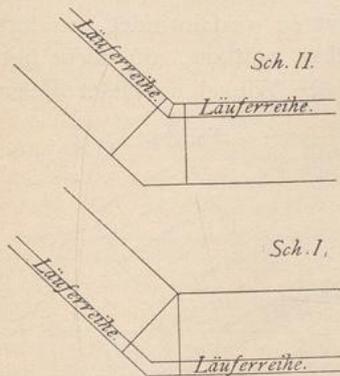


Beim Zusammenstoß von sehr verschiedenen starken Mauern oder von verschiedenen starken Mauern, die einen sehr stumpfen Winkel bilden, lassen sich die Eckverbände nicht in der angegebenen Weise herstellen, weil in diesen Fällen die eine vom Winkel senkrecht zur einen

Mauerflucht ausgehende Stosfuge entweder sehr nahe an die Ecke oder erst auf die Verlängerung der bezüglichen Mauerflucht trifft, also die andere unter spitzem Winkel schneiden muß, was unzulässig ist. Man ordnet dann eine vom Winkel aus durchgehende Stosfuge in der Binderschicht der schwächeren Mauer an, während man die in der darauf folgenden Schicht vom Winkel ausgehende Stosfuge der stärkeren Mauer bis an die äußere Läuferreihe der schwächeren gehen läßt. Die um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernten Stosfugen gehen so weit, als dies der Verband zuläßt. Es genüge ein Beispiel (Fig. 71) für diesen Fall.

Will man an der Außenseite der Mauerecke das regelmäßige Verbandmuster bis ganz an die Ecke heranzuführen, was bei Backsteinrohbauten in Frage kommen kann, so muß man auch mit der Bestimmung der Größe des Ecksteines den Anfang machen und diesen an der Läuferseite $\frac{3}{4}$ Stein lang und an der

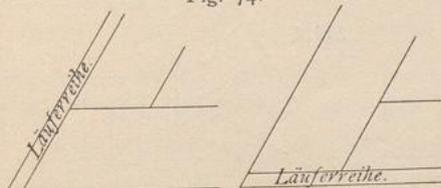
Fig. 72.



Binderseite $\frac{1}{2}$ Stein lang bemessen, wenn dies die Größe des Winkels bei der gewöhnlichen Steinlänge gestattet. Anderenfalls ist man gezwungen, besondere Formsteine anzuwenden. Aber auch dann ergibt sich in der Regel am inneren Winkel ein schlechter Verband.

Sind auf beiden Seiten der stumpfwinkeligen Ecke die Schichten gleichartig, d. h. laufen in denselben Höhen Läuferreihen oder Binderreihen um die Ecke herum, so ist die Verbandanlage dahin zu ändern, daß man vom Winkel

Fig. 74.



gehenden Schicht ebenfalls zwei solche, die aber vom Winkel um $\frac{1}{4}$ Stein entfernt sind (siehe die Schichten I und II im Schema von Fig. 72). Für die Schicht I ist es zweckmäßig, daß an den inneren Fluchten der Mauern Binder liegen. In der Schicht II kann man, um Formsteine am Winkel zu vermeiden, daselbst die Läufer mit diagonaler Stosfuge zusammenschneiden lassen. Fig. 73 gibt als Beispiel die stumpfwinkelige Ecke zweier $2\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern.

Fig. 71.

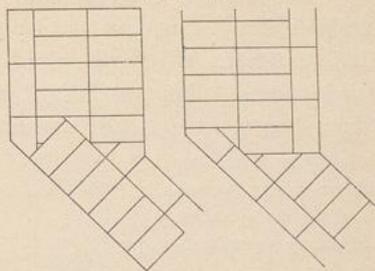
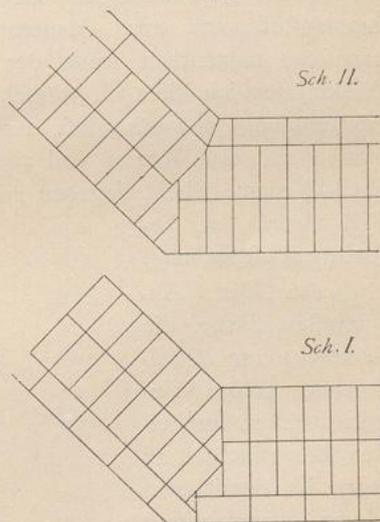


Fig. 73.



41.
Spitzwinkelige
Ecke.

Der Eckverband der unter spitzem Winkel zusammentreffenden Mauern ist in der Weise zu behandeln, daß man die äußere Läuferreihe der Läuferreihe bis zur Ecke fortlaufen läßt und mit dem nach dem gegebenen Winkel zugehauenen Eckstein schließt. Bis an diese Läuferreihe führt man die Binderschicht der anderen Mauer heran, so daß also die innere Flucht derselben bis dahin als Stoszfuge fortläuft.

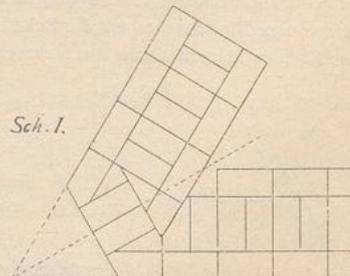
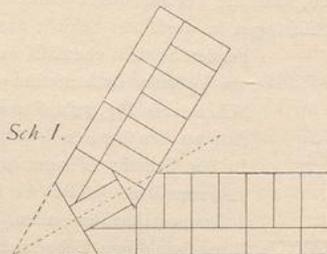
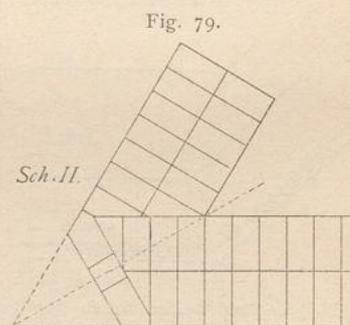
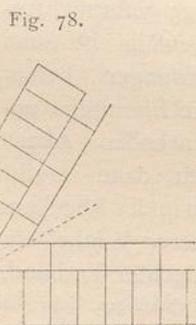
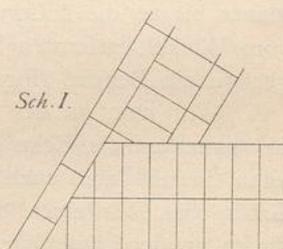
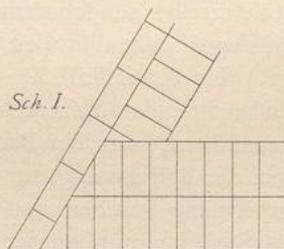
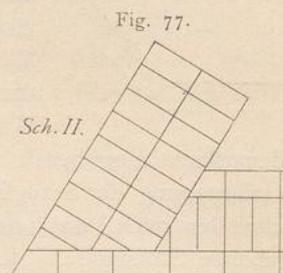
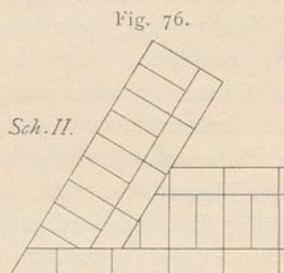
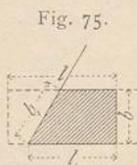
Man sehe das Schema in Fig. 74, worin die eben gedachte Anordnung veranschaulicht ist.

Die Einrichtung des regelrechten Stosfugenwechsels zwischen den Schichten erzielt man dadurch, daß man die Länge l_1 des Ecksteines gleich macht der Länge b_1 des schräg zugehauenen Hauptes zuzüglich $\frac{1}{4}$ Stein ($l_1 = b_1 + \frac{1}{4}$ in Fig. 75). Derselbe Eckstein läßt sich dann in allen Schichten verwenden, nur abwechselnd in umgekehrter Lage. Fig. 76 u. 77 geben Beispiele für den Eckverband von zwei ungleich starken und zwei gleich starken Mauern.

42.
Abgestumpfte
spitzwinkelige
Ecke.

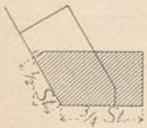
Beim spitzwinkligen Zusammenstoß von zwei Mauern kann es, namentlich wenn der Winkel ziemlich klein ist, wünschenswert erscheinen, die Ecke abzustumpfen. Ist die Abstumpfung so groß, daß der spitze Winkel im Inneren verschwindet, so hat man es mit drei Mauern und zwei stumpfwinkligen Ecken zu thun, also nicht mit etwas Neuem. Bleibt dagegen auf der Innenseite der spitze Winkel, so bietet dieser Fall Anlaß zu besonderer Besprechung.

An der Abstumpfungsfäche, die senkrecht zur Mittellinie des spitzen Winkels zwischen den beiden Mauerfluchten zu legen ist, damit zwei gleiche äußere stumpfwinklige Ecken gebildet werden, müssen des regelrechten Verbandes wegen Läufer- und Binderschichten miteinander abwechseln. Des guten Aussehens, aber auch der einfacheren Konstruk-



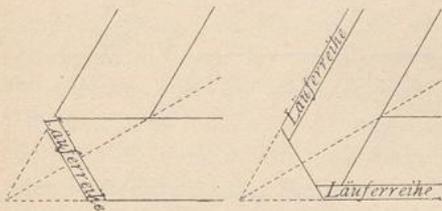
tion halber ist es dann zweckmäfsig, von der bisher allenthalben durchgeführten Regel, in einer und derselben Schicht in der einen der die Ecke bildenden Mauern aufsen eine Läuferreihe, in der anderen eine Binderreihe anzuordnen, abzusehen und den Fall so aufzufassen, als gehörte die Abstumpfungsfäche einer dritten Mauer an. Es werden dann in derselben Schicht in den beiden Mauern gleichzeitig aufsen Läufer oder Binder sich befinden, an der Abstumpfungsfäche dagegen Binder oder Läufer (siehe das Schema in Fig. 81).

Fig. 80.



Die Breite der Abstumpfung bestimmt sich so, dass zwischen den beiden schräg zugehauenen Ecksteinen ein oder zwei Binderhäupter Platz haben. Die Gröfse und Form der Ecksteine sind in der Weise zu ermitteln, dass man den einen Schenkel des stumpfen Winkels $\frac{3}{4}$ Stein, den anderen (den schräg zuzuhauenden) $\frac{1}{2}$ Stein lang macht (Fig. 80). Sollte sich der Stein dann immer noch zu lang ergeben, so muss man beide Schenkel so verkürzen, dass dabei der Unterschied der Schenkellängen immer $\frac{1}{4}$ Stein bleibt. Es sind dann in allen Schichten dieselben Ecksteine, nur abwechselnd in umgekehrter Lage, verwendbar. Die Eckanlage ist sonst ähnlich wie bei der spitzwinkligen Ecke, indem man abwechselnd die eine oder die andere der inneren Mauerfluchten als Stofsuge so weit durchführt, als dies möglich oder zweckmäfsig erscheint. In Fig. 78 u. 79 sind Beispiele zur Erläuterung gegeben.

Fig. 81.



Der schiefwinklige Anschluss einer Mauer an eine andere wird in der Weise behandelt, dass man die anschliessende Scheidemauer in einer Schicht um die andere nicht bis an die äussere Flucht der Hauptmauer durchlaufen lässt, sondern nur bis

43.
Anschluss einer Mauer an eine andere.

Fig. 82.

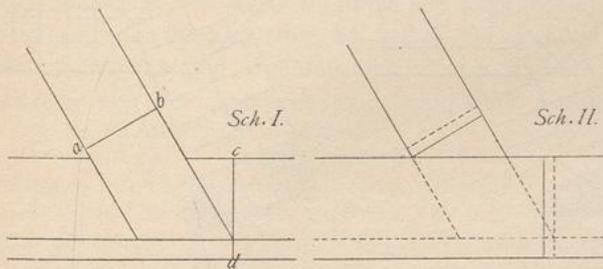
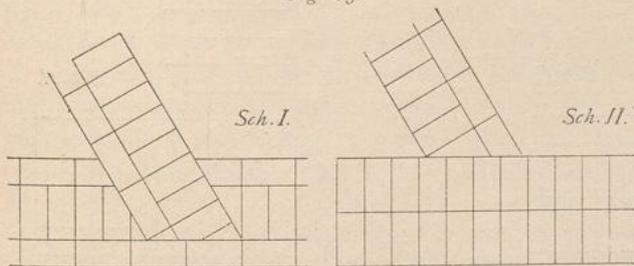


Fig. 83.



angegebenen Weise anzuordnen. Es möge das Beispiel in Fig. 83: der Anschluss einer $1\frac{1}{2}$ Stein starken Scheidemauer an eine 2 Stein starke Hauptmauer, genügen.

Die schiefwinklige Durchkreuzung ist nur die Verallgemeinerung des Falles der rechwinkeligen. Wie das Schema in Fig. 84 zeigt, gelten genau dieselben

hinter die daselbst angeordnete Läuferreihe (siehe das Schema in Fig. 82), wodurch die zu verhauenden Steine in das Innere der Mauer kommen. Das Eingreifen oder Einbinden der Scheidemauer erfolgt also in den Läuferreihen der Hauptmauer. Auch hier ist wieder die Regel zu befolgen, dass die dem spitzen Winkel zunächst liegende durchlaufende Stoßfuge ab der Scheidemauer um $\frac{1}{4}$ Stein vom Winkel entfernt liegen muss. Weiter erscheint es zweckmäfsig, in der Hauptmauer eine durchlaufende Stoßfuge cd in der in Fig. 82

44.
Durchkreuzung zweier Mauern.

Regeln, wie sie früher für die rechtwinkelige Durchkreuzung ausführlich besprochen wurden. Auch hier ist, wegen der Einrichtung des Verbandes, in den aufeinander folgenden Schichten wohl darauf zu achten, daß in der durchlaufenden Schicht eine durchgehende Stosfuge um $\frac{1}{4}$ Stein entfernt von einem der Winkel angeordnet werden muß. Ein besonderes Erläuterungsbeispiel erscheint hier nicht notwendig.

45.
Zusammenstoß
von mehreren
Mauern.

Es kommt bei Bauwerken öfter der Fall vor, daß mehr als zwei Mauern unter

beliebigen Winkeln in einem Punkte zusammenstoßen. Je nach der Anzahl der zusammentreffenden Mauern, der Stärke derselben und den Winkeln, unter denen sie zusammentreffen, muß die Lösung dieser Aufgaben eine verschiedene werden. Es dürfte zu weit führen und auch überflüssig fein, eine große Zahl solcher Fälle zu erörtern. Es möge nur der eine Fall hier näher besprochen werden, wenn drei Mauern in einem Punkte zusammenstoßen. Die allgemeine Lösung dieser Aufgabe ist die, daß man zwei der Mauern als eine Ecke bildend ansieht und die dritte dann in einer Schicht um die andere in die Ecke

Fig. 84.

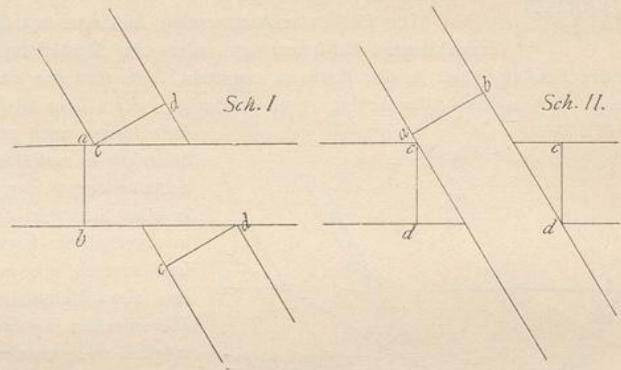


Fig. 85.

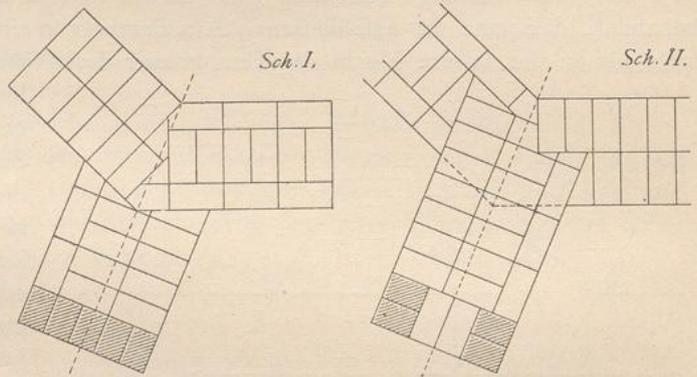
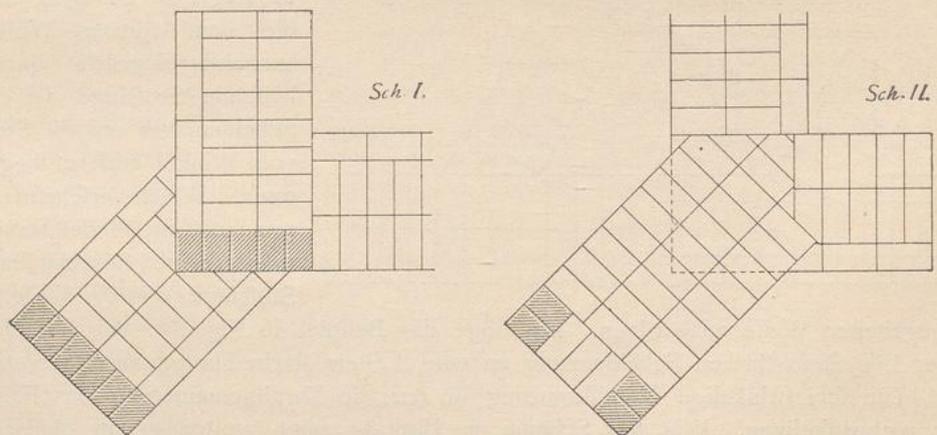


Fig. 86.



einbindet, während man sie in den übrigen Schichten nur stumpf anstoßen läßt. Jeder besondere Fall wird überdies noch unter Berücksichtigung der gegebenen Verhältnisse und Festhaltung der allgemeinen Regeln seine eigene Behandlung zulassen.

Das wichtigste Vorkommen des Zusammenstoßes von drei Mauern dürfte das sein, daß an eine Ecke, an eine rechtwinkelige oder stumpfwinkelige, sich ein Strebepfeiler in diagonalen, den Winkel der beiden die Ecke bildenden Mauern haltheilender Richtung anlegt. Die beigelegten Beispiele in Fig. 85 u. 86 werden das einzuschlagende Verfahren erläutern, obgleich dieses, wie schon gesagt, je nach den vorliegenden Verhältnissen Umänderungen erheischt. Gleichmäßiger Anschluß des Strebepfeilers an beide Seiten der Mauerecke läßt sich erzielen, wenn die beiden die Ecken bildenden Mauern nach außen hin gleichartige Schichtenbildung in gleicher Höhe zeigen. Es hat dies aber wenig wirklichen Wert, da der Anschluß beider Seiten nicht gut gleichzeitig gefehen werden kann.

4) Beliebige Mauerkörper mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln.

Die gewöhnlichen Backsteine eignen sich infolge ihrer Gestalt eigentlich nur zur Herstellung von Mauern mit rechtwinkeligen Ecken und Winkeln, und es sind deswegen auch nur für den Verband solcher klare Regeln aufstellbar. Daher ist die Betrachtung hier auf diese zu beschränken. Die Behandlung wird eine etwas verschiedene sein müssen, je nachdem alle Abmessungen einem Vielfachen von halben Steinlängen (Steinbreiten) entsprechen oder je nachdem einzelne oder alle Maße nicht ohne Rest durch halbe Steinlängen teilbar sind, sondern einen Ueberschuß von einem Viertelstein haben. Es wird dabei angenommen, daß alle Längen von Backsteinmauerwerken als Vielfache von Viertelsteinlängen bemessen werden. In der Ausführung vorkommende Abweichungen lassen sich leicht ausgleichen.

Der erste Fall, daß alle Abmessungen eines Mauerkörpers durch halbe Steinlängen ohne Rest teilbar sind, ist der einfachere und mag daher zuerst zur Behandlung gelangen. Es werden hierbei die Regeln angewendet, welche für die lotrechte Endigung der Mauern (Fig. 87 bei *a*), die rechtwinkelige Ecke (Fig. 87 bei *b*) und den rechtwinkeligen Anschluß einer Mauer an eine andere (Fig. 87 bei *c*) unter Benutzung von Dreiquartieren schon aufgestellt worden sind.

Das Hauptfächlichste derselben mag hier kurz wiederholt werden. Die beiden zur Herstellung des Blockverbandes notwendigen Schichten enthalten hiernach für die lotrechte Endigung in der einen Schicht so viele Dreiquartiere, als die Mauer Steinbreiten dick ist, hintereinander als Läufer, in der anderen immer nur 2 Paar Dreiquartiere als Binder. Bei der rechtwinkeligen Ecke kommen auf jede Seite derselben abwechselnd so viele Dreiquartiere, als die beiden die Ecke bildenden Mauern Steinbreiten in der Dicke zählen, als Läufer, und beim rechtwinkeligen Anschluß einer Mauer an eine andere legt man in der einen Schicht in der Verlängerung der anschließenden Mauer und parallel der Richtung derselben so viele Dreiquartiere nebeneinander an die äußere Flucht der Hauptmauer, als die anschließende Steinbreiten dick ist, während in der darauf folgenden Schicht der Verband der Hauptmauer ununterbrochen durchgeht.

Bei der Anwendung dieser Regeln für zusammengesetzte Mauerkörper, wie sie hier besprochen werden sollen, kommt es nun vor allen Dingen darauf an, die Dreiquartiere zuerst und richtig zu legen. Dazu gehört:

α) Daß alle Dreiquartiere in einer und derselben Schicht parallel gerichtet sind, oder was daselbe ist, daß nur parallele Seiten der Ecken mit Dreiquartieren besetzt werden.

Diese Forderung wird zum Teile schon erfüllt, wenn an der früher aufgestellten Regel, daß an den Ecken und Maueranschlüssen in einer Höhe Läufer- und Binder-schichten zusammentreffen sollen, festgehalten wird.

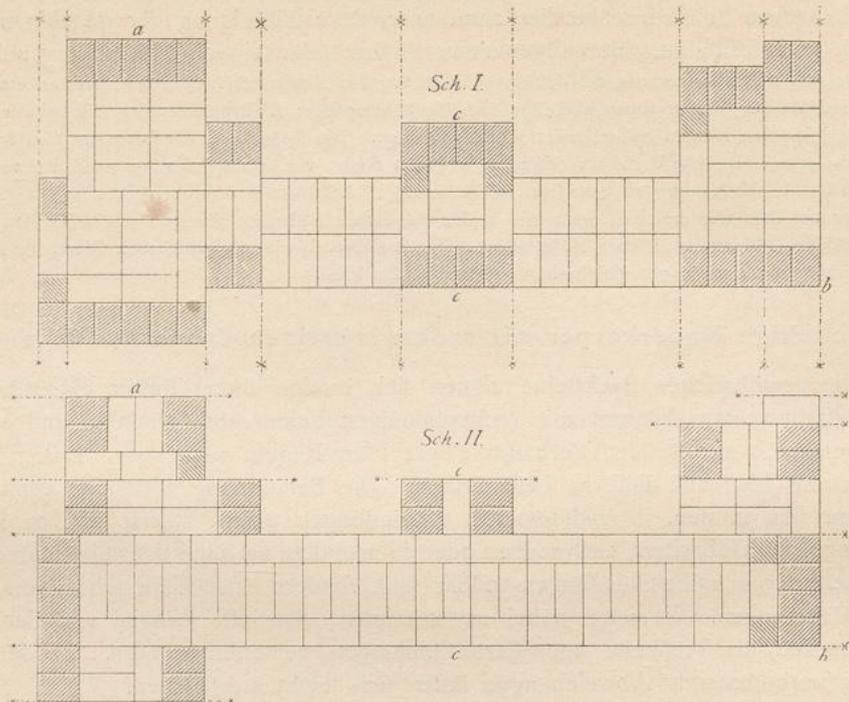
β) Daß jedem Dreiquartier auf der einen Seite des Mauerkörpers ein anderes ebenso gerichtetes auf der anderen Seite entsprechen muß.

Der Ort für diese einander entsprechenden Dreiquartiere ist leicht dadurch zu finden, daß man die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Eckpunkten in rechteckige Streifen zerlegt und

46.
Abmessungen.

47.
Vielfache
von $\frac{1}{2}$ Stein-
längen.

Fig. 87.

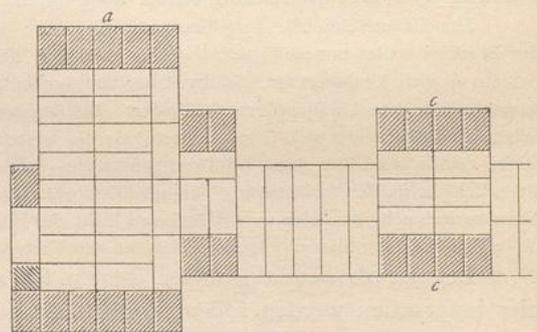


die Richtung derselben in den aufeinander folgenden Schichten regelmässig wechseln lässt. Die Enden der Streifen werden, den angeführten Regeln entsprechend, mit den Drei Quartiern besetzt (Fig. 87). Die Zwischenräume zwischen den Drei Quartiern werden dann noch regelrecht mit ganzen Steinen unter Zuziehen von Zwei Quartiern je nach Bedürfnis ausgefüllt.

In einzelnen Fällen sind durch kleine Abweichungen von den angeführten Regeln Vereinfachungen möglich. So lässt sich z. B. dadurch, dass man auf der linken Seite der Schicht I in Fig. 87, Abteilung a die Läuferreihe auf die rechte Seite der Mauer legt, eine einfachere Ausfüllung mit Ganzen erzielen; auch lassen sich die Zwei Quartiere bei c der Schicht I in Fig. 87 vermeiden. Diese Veränderungen sind in Fig. 88 dargestellt²⁸⁾.

Bei Feststellung der Verbandanordnungen für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkligen Ecken lassen sich anstatt der Drei Quartiere auch die Längs quartiere anwenden. Der Verband mit solchen ist aber sehr unselbständig und nicht immer ganz durchführbar. Aus diesen und den schon früher angeführten Gründen kommt er hier nicht zur Behandlung.

Fig. 88.



²⁸⁾ Die Anlage der Mauerverbände von Mauerkörpern mit rechtwinkligen Ecken wurde zuerst nach allgemeinen Grundätzen von C. v. Brand behandelt, in dessen Arbeiten sich Ausführlicheres über diesen Gegenstand findet. Es sind dies: Praktische Darstellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekanntem Gefetzen. Berlin 1864. — Etwas fälschlicher geschrieben, wenn auch nicht so vollständig und so durchgebildet: Ueber Mauerziegelverband. HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1862, S. 64.

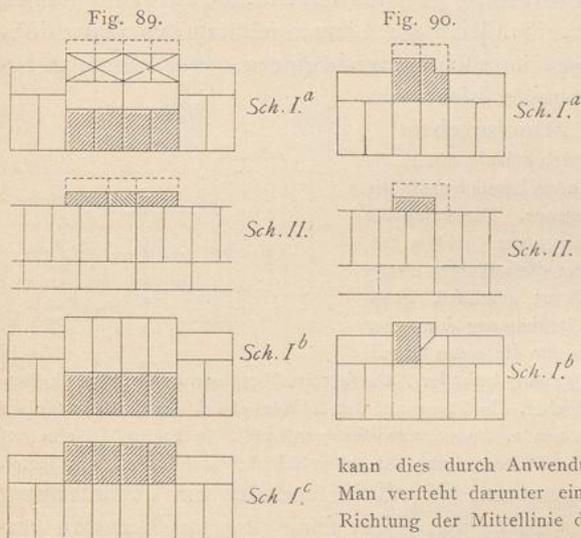
Die Verbandanlagen von Mauerkörpern, deren Abmessungen nicht reine Vielfache von halben Steinlängen sind, sondern zu denen noch Viertelsteinlängen treten, lassen sich nicht nach so scharf ausgeprägten Gesetzen bestimmen, wie dies bei denjenigen der Fall ist, deren Längen durch halbe Steinlängen ohne Rest teilbar sind. Es sollen diese Fälle nach den von *v. Brand* angegebenen Verfahren hier nur andeutungsweise behandelt werden.

a) Verfahren des Abschneidens (Coupierens). Man ergänzt nach diesem Verfahren die Abmessungen so, daß alle zu Vielfachen von halben Steinlängen werden, legt für die so ergänzte Figur den Verband nach den früheren Regeln an und schneidet darauf das zur ursprünglichen Figur hinzugefügte

wieder ab. Die sich ergebenden kleineren Steinteile werden nach Möglichkeit zu größeren vereinigt.

Das zuerst Hinzugefügte, nachher wieder Abgeschnittene ist in den Beispielen (Fig. 89 u. 90) durch gestrichelte Linien, die Vereinigung von Steinteilen durch ein Kreuz angedeutet. Auch lassen sich sonst noch Verbesserungen mitunter anbringen, wie die Schichten *I, b* und *I, c* von Fig. 89 ausweisen.

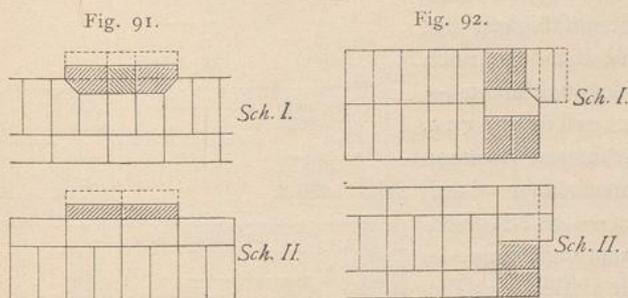
Bei der Anwendung dieses Verfahrens ergeben sich oft Ausklinkungen von Steinen, die man aber gern zu vermeiden sucht. Es kann dies durch Anwendung der Viertelfchrägfuge geschehen. Man versteht darunter eine von einem Winkel des Grundrisses in der Richtung der Mittellinie des Winkels ausgehende Fuge von der Länge der Diagonale eines Achtelsteines (Fig. 90, Schicht *I, b*).



β) Verfahren des Zusammenschiebens. Dieses Verfahren findet nur da Anwendung, wo vor einem Hauptkörper von Abmessungen, die durch halbe Steinlängen ohne Rest teilbar sind, kleinere rechteckige Vorlagen sich befinden, deren Mafse (eine oder alle beide) in Viertelsteinlängen festgesetzt werden müssen.

Nach diesem Verfahren werden beide zum Verband notwendige Schichten für den Hauptmauerkörper wie gewöhnlich festgestellt. Dann wird in einer Schicht um die andere unter Anwendung der Viertelfchrägfuge ein Stück von der Länge der Vorlage und $\frac{1}{4}$ Stein breit herausgeschnitten und ein entsprechendes Stück, vergrößert um die Vorlage, wieder angefohen. Je nach den Umständen kommen

hierbei ein oder zwei Schrägfugen zur Anwendung (Fig. 91 u. 92). Der Verband der Vorlage wird nach dem Verfahren des Abschneidens bestimmt. Kleinere Steinteile der Vorlage lassen sich mit solchen des Hauptkörpers oft zu größeren vereinigen, oder es können noch auf andere Weise Verbesserungen im Verband angebracht werden. So ließe sich an Stelle der Schichtanordnung *II* in Fig. 91 mit Vorteil diejenige der Schicht *I, c* in Fig. 89 verwenden.



γ) Verfahren der zulässigen Fugen. Bei diesem in allen Fällen anwendbaren Verfahren werden zuerst eine Anzahl Fugen in der Weise bestimmt, daß man

48.
Vielfache
von $\frac{1}{2}$ Stein-
längen
+ $\frac{1}{4}$ Stein-
länge.

von jedem einspringenden Winkel aus senkrecht zur Längenrichtung des Grundrisses je zwei Fugen, die Grenzungen genannt werden sollen, zieht. Die eine dieser Grenzungen bildet die Verlängerung eines Winkelschenkels; die andere läuft parallel der ersteren und beginnt am inneren Ende einer Viertelschrägfuge. In jeder der beiden zur Bildung des Verbandes notwendigen Schichten wird von den Grenzungen für jeden einspringenden Winkel eine genommen, diese aber so gewählt, daß zwischen den Grenzungen sich Abteilungen ergeben, deren Breite einem Vielfachen von halben Steinlängen entspricht. Die für die eine Schicht nicht benutzten Grenzungen kommen in der anderen zur Verwendung. Zur Bestimmung der übrigen Fugen legt man über den Grundriß ein Netz von parallelen, rechtwinkelig sich kreuzenden Linien in Entfernungen von je $\frac{1}{2}$ Steinlänge. Die erste der Parallelen zur Längenrichtung des Grundrisses läßt man am inneren Endpunkte einer Viertelschrägfuge beginnen. Jede Viertelschrägfuge, die an ihrem inneren Endpunkte nicht von einer der Parallelen getroffen wird, ist aufzugeben.

In Fig. 93 sind die Grenzungen der ersten Schicht mit 1, die der zweiten mit 2 bezeichnet; die sich kreuzenden Parallelen für die erste Schicht sind durch dünne Linien angegeben. Die Parallelen der einen Schicht müssen von denen der anderen um $\frac{1}{4}$ Stein entfernt liegen. Die Linien des Netzes geben dann alle zulässigen Fugen an, die nun in thunlichst geschickter Weise zu möglichst vielen ganzen Steinen zusammengefaßt werden. Die Bestimmung der außer den Grenzungen weiter zulässigen Fugen kann für die ganze Grundrißfigur gleichmäßig erfolgen oder für jede Abteilung besonders. Das letztere Verfahren liefert häufig bessere Lösungen, ist aber im allgemeinen umständlicher. In Bezug auf das Nähere dieses Verfahrens muß auf das in Fußnote 28 (S. 44) angeführte Werk von v. Brand verwiesen werden²⁹⁾. In Fig. 93 ist eine auf Grundlage der erwähnten Vorarbeiten mögliche Steinverteilung der ersten Schicht durch Kreuze angedeutet.

Nach der Erörterung der allgemeinen Grundsätze und der zur Vereinfachung der Arbeit anwendbaren Verfahren wird es nun leicht sein, öfter im Bauwesen vorkommende Sonderfälle zu behandeln. Solche Fälle sind: Pfeilervorlagen von Mauern, Eckverstärkungen, Thür- und Fensterpfeiler, freistehende Pfeiler (Freistützen), Mauern und Pfeiler mit Hohlräumen etc.

49.
Pfeilervorlagen;
Eckver-
stärkungen;
Nischenecken.

Häufig werden Verstärkungen von Mauern notwendig, die entweder, in gewissen Abständen wiederkehrend, von einfach rechteckigem oder reicher gegliedertem Querschnitt den Mauerfluchten vorgelegt werden — die sog. Pfeilervorlagen, oder welche die Standfähigkeit der Mauerecken erhöhen sollen und die dann nach außen oder nach innen vorspringen können — die äußeren und inneren Eckverstärkungen. Im Gegensatz zu diesen Verstärkungen kommen auch Schwächungen der Mauerkörper durch Nischen vor, deren Eckbildungen — die Nischenecken — besondere Behandlung verlangen.

Diese Fälle können mit Hilfe der bekannten gewöhnlichen Regeln über die Bildung

Fig. 93.

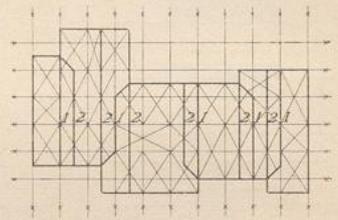


Fig. 94.

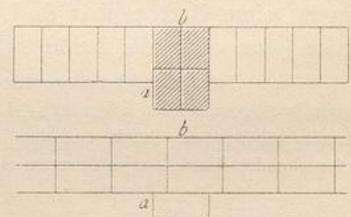
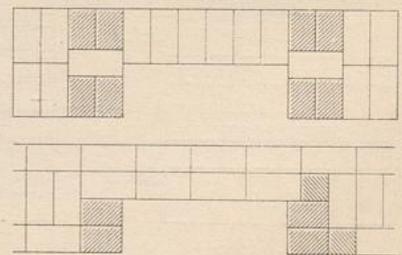


Fig. 95.



²⁹⁾ Eine praktische Vereinfachung des Verfahrens der zulässigen Fugen durch Anwendung von Fugennetzpaaren gibt *Summerspach* in: Deutsche Bauz. 1897, S. 574.

Fig. 96.

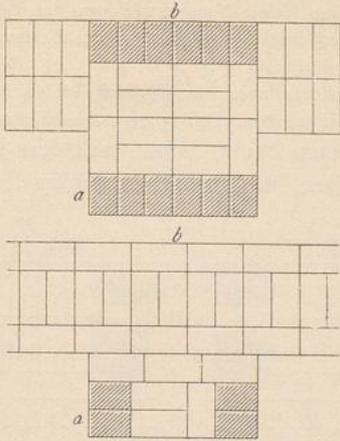


Fig. 97.

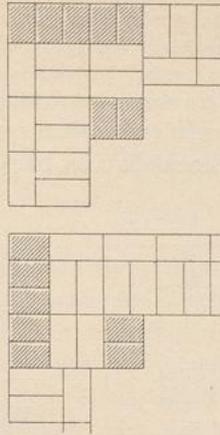


Fig. 98.

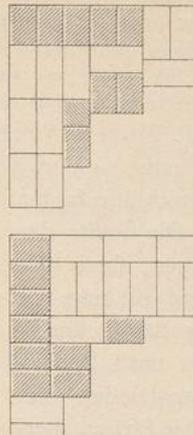


Fig. 99.

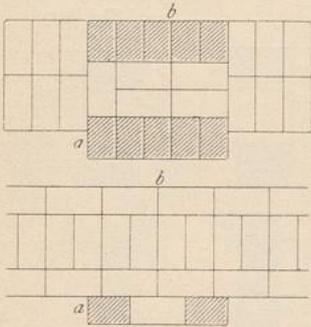


Fig. 100.

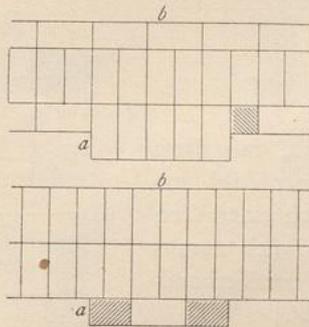


Fig. 101.

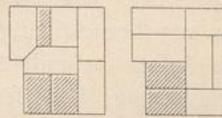


Fig. 102.

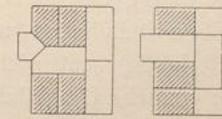


Fig. 103.

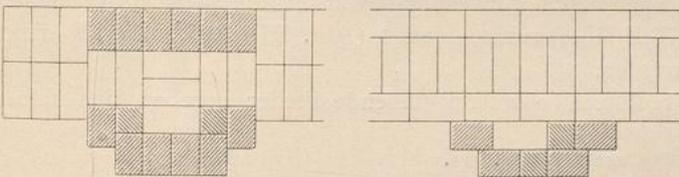
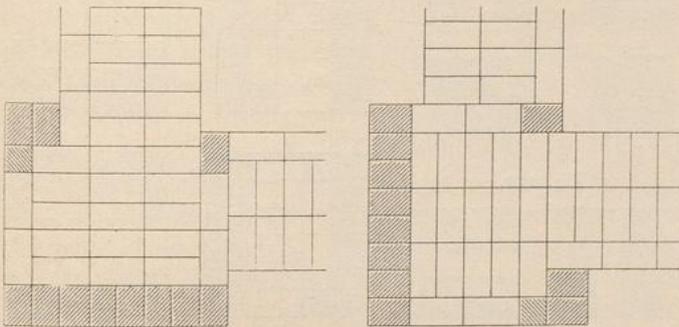


Fig. 104.



des lotrechten Mauer-
abschlusses, des Mauer-
anschlusses und der
Mauerecke gelöst
werden.

So zeigen sich z. B. in
Fig. 94, 96 u. 99 in *a* der
Mauerabschluss und in *b* der
Maueranschluss zur Anwen-
dung gebracht. Erleichtert
wird jedoch auch in diesen
oft einfachen Fällen die Ver-
legung der Dreiquartiere
durch das oben empfohlene
Zerlegen der Schichten in
rechteckige Streifen, was
natürlich in den zusammen-
gesetzteren Fällen noch mehr
zur Geltung gelangt. Dafs
aber dieses Verfahren, wie
überhaupt jede Handhabung
von Regeln, nicht blofs

mechanisch, sondern mit Ueberlegung angewendet werden sollte, zeigt das Beispiel in Fig. 100, im Vergleich zur Lösung derselben Aufgabe in Fig. 99. Durch eine kleine Abweichung von der Regel, die in Fig. 99 streng durchgeführt ist, wurden eine ganz wesentliche Herabminderung des Verbrauches an Drei Quartiern und vermehrte Verwendung von ganzen Steinen erzielt.

In Fig. 94, 96, 99, 100 u. 103 sind Beispiele von Pfeilervorlagen, in Fig. 104 ein solches einer äusseren und in Fig. 97 u. 98 solche von inneren Eckverstärkungen gegeben. Fig. 95 zeigt eine Nischenbildung.

50.
Thür- und
Fensterpfeiler.

Die Thür- und Fensterpfeiler erhalten im reinen Backsteinbau nach dem Lichten der Oeffnung zu Vorlagen, ebenfalls von Backsteinen, welche den Anschlag der Oeff-

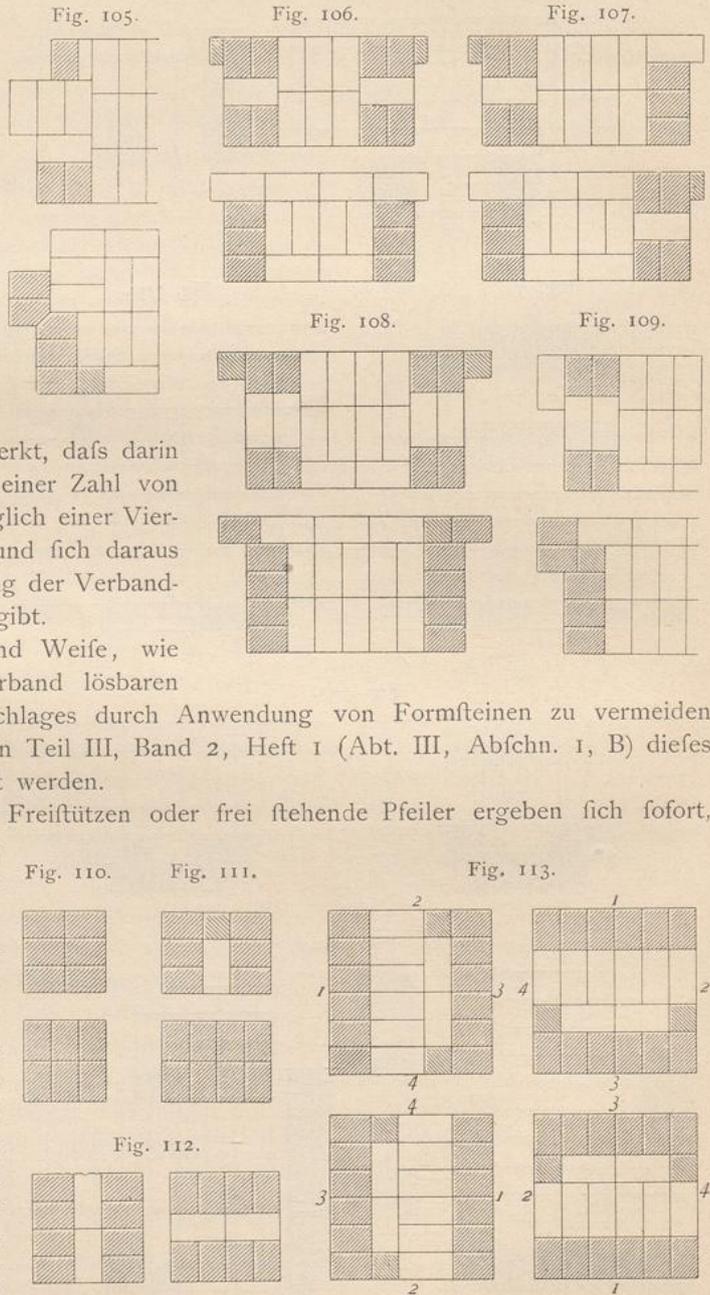
nungsverchlüsse bilden sollen. Die Breite des Anschlages, sowie die Tiefe und Bildung der Laibung der Oeffnung wechseln nach Bedürfnis, desgleichen die Länge der Pfeiler. Verschiedene Verhältnisse sind in den Beispielen Fig. 101, 102, 105 bis 109 berücksichtigt, die keiner besonderen Erläuterung bedürfen.

Nur zu Fig. 107 sei bemerkt, dass darin die Länge des Pfeilers einer Zahl von halben Steinlängen zuzüglich einer Viertelsteinlänge entspricht und sich daraus die einfache Umgestaltung der Verbandanlage von Fig. 106 ergibt.

Ueber die Art und Weise, wie die leicht aus dem Verband lösbaren Quartierstücke des Anschlages durch Anwendung von Formsteinen zu vermeiden sind, wird das Nötige in Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abchn. 1, B) dieses »Handbuches« mitgeteilt werden.

51.
Freistützen
ohne
Vorlagen.

Die Verbände für Freistützen oder frei stehende Pfeiler ergeben sich sofort, wenn man dieselben als kurze Mauerstücke auffasst, durch Aneinanderschichten der betreffenden lotrechten Mauerendigungen. Da bei den Pfeilern die Belastung der Flächeneinheit in der Regel grösser ist, als bei Mauern, so ist namentlich bei ihnen der Verband möglichst richtig und aus möglichst vielen grossen Stücken herzustellen, und

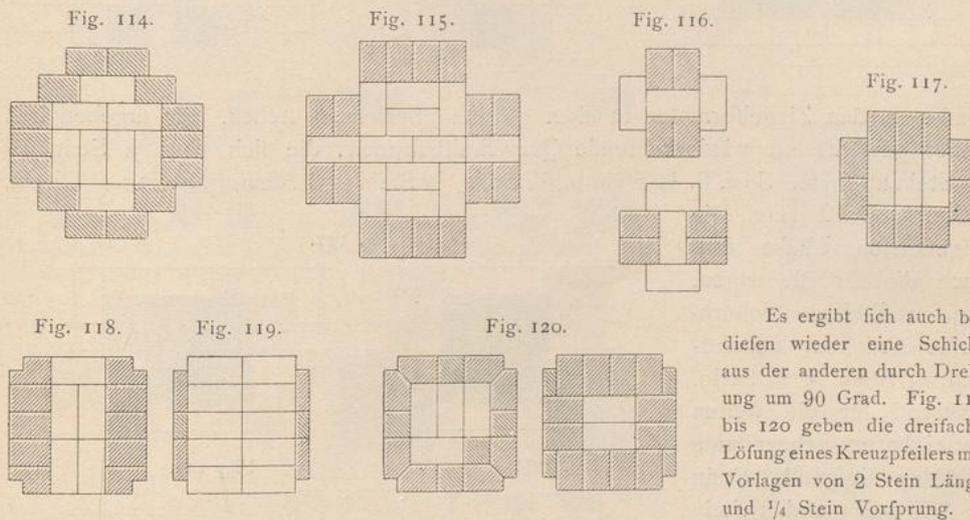


daher besonders bei Freistützen der schlechte Verband mit Quartierstücken und Längsquartieren zu vermeiden oder auf Fälle zu beschränken, wo er nicht zu umgehen ist. Deswegen sind auch hier keine derartige Beispiele gegeben worden.

Wie die beigefügten, nur mit Hilfe von Drei- und Zwei-Quartieren konstruierten Beispiele (Fig. 110 bis 113) zeigen, ergibt sich bei Pfeilern mit quadratischem Grundriss der Verband der zweiten Schicht aus dem der ersten sofort durch Drehung um 90 Grad. Das Kreuzverbandmuster kann erst zur Anwendung gelangen, wenn eine Seite des Pfeilers mindestens 3 Steine lang ist. In Fig. 113 ist der Kreuzverband an einer quadratischen Freistütze von 3 Stein Seitenlänge in feinen vier Schichten durchgeführt. Es ergibt sich hierbei auch eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Es ist dies durch die Bezifferung der Seiten verdeutlicht.

Freistützen mit rechteckigem Kern und Vorlagen auf drei oder allen vier Seiten entsprechen dem rechtwinkligen Anstoß oder der Durchkreuzung von zwei Mauern mit nahe gerückten lotrechten Endigungen und bieten daher für die Betrachtung nichts Neues. Ebenso ist es mit Pfeilern von unregelmäßigem Grundriss, die nach den allgemein gültigen Regeln für beliebige Mauerkörper mit rechtwinkligen Ecken zu behandeln sind. Wir können uns daher hier auf Vorführung einiger oft vorkommender Beispiele (Fig. 114 bis 120) von Freistützen mit quadratischem Kern und allseitigen gleich großen Vorlagen, den sog. Kreuzpfeilern, beschränken.

52.
Freistützen
mit
Vorlagen.



Es ergibt sich auch bei diesen wieder eine Schicht aus der anderen durch Drehung um 90 Grad. Fig. 118 bis 120 geben die dreifache Lösung eines Kreuzpfeilers mit Vorlagen von 2 Stein Länge und $\frac{1}{4}$ Stein Vorsprung.

5) Mauerkörper mit rechtwinkligen Hohlräumen.

In den Mauerkörpern sind vielfach lotrecht aufsteigende Höhlungen anzubringen, und zwar einestheils zur Herstellung von Rauch-, Zuluft- und Abluftkanälen, sowie zur Unterbringung von Wasser-, Heiz- und anderen Rohren, anderenteils aber, um in den Mauern isolierende Luftschichten zur Warm- und Trockenhaltung der Gebäude und zur Verhinderung der Fortpflanzung des Schalles zu beschaffen, bzw. um Mauermaterial zu sparen. — Für die angegebenen Zwecke können die aufsteigenden Kanäle einzeln oder auch in Gruppen in Mauern oder Pfeilern angeordnet werden. Sie können rechtwinkligen, vieleckigen oder runden Querschnitt haben. Wir beschäftigen uns hier zunächst nur mit den rechteckigen, während bezüglich der anderen Querschnittsformen auf das bei den vieleckigen und runden Mauerkörpern mit Hohlräumen Folgende, sowie auf das in Teil III, Band 4 dieses »Handbuches« (Abt. IV, Abchn. 4, B, Kap. 4, unter c) Vorzuführende verwiesen werden kann.

53.
Hohles
Mauerwerk.

Die Querschnitte rechteckiger, lotrecht aufsteigender Kanäle sind zwar vom Zwecke abhängig und werden häufig durch Berechnung bestimmt; immerhin sollten dieselben aber zur Erleichterung der Konftruktion so bemessen werden, dafs die

Fig. 121.

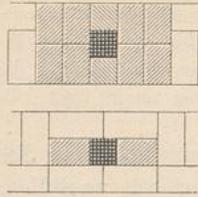


Fig. 122.

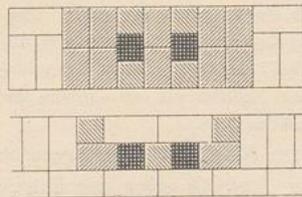


Fig. 123.

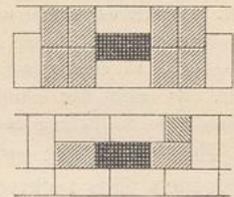


Fig. 124.

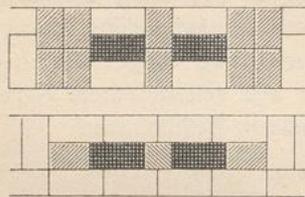


Fig. 125.

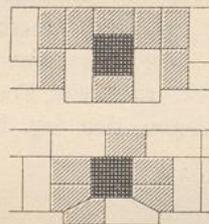
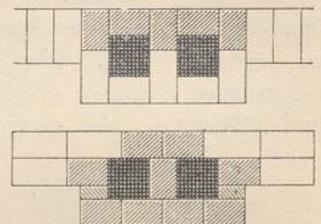


Fig. 126.



Masse zu den Ziegelformaten in einer gewissen Beziehung stehen. Es ergeben sich daher gewisse, oft wiederkehrende Querschnittsformen, die sich von $\frac{1}{4}$ Stein zu $\frac{1}{4}$ Stein abtufen. So z. B. $\frac{1}{2}$ Stein \times $\frac{1}{2}$ Stein, $\frac{1}{2}$ Stein \times 1 Stein, $\frac{3}{4}$ Stein \times $\frac{3}{4}$ Stein, 1 Stein \times 1 Stein etc. Die angeführten Masse sind auch die für die engen, fog. russischen Schornsteine üblichen, namentlich $\frac{3}{4}$ Stein \times $\frac{3}{4}$ Stein, während für die weiten bestiegbaren Schornsteine die Abmessungen $1\frac{3}{4}$ Stein \times $1\frac{3}{4}$ Stein und 2 Stein \times 2 Stein (deutsches Normal-Ziegelformat vorausgesetzt; wegen der Befeiigbarkeit ist man an gewisse bestimmte Masse gebunden) gebräuchlich sind. Die Wandungen, sowie die Scheidewände (Zungen) mehrerer nebeneinander liegender Kanäle werden in der Regel $\frac{1}{2}$ Stein stark gemacht. Diese Kanäle müssen nicht nur im allgemeinen ununter-

Fig. 127.

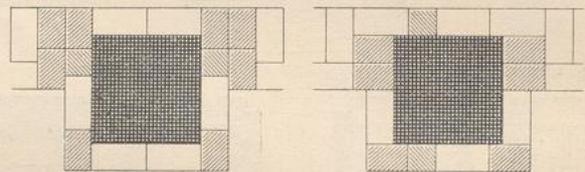


Fig. 128.

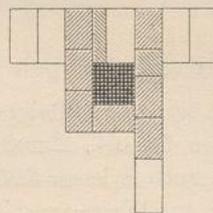
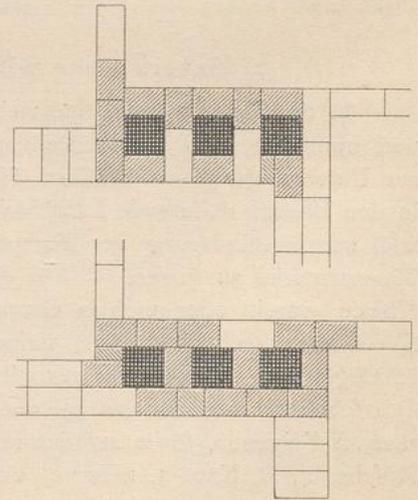


Fig. 129.



brochen lotrecht aufsteigen (wenn man nicht aus irgend welchen Gründen sie in der Richtung der Mauer zu ziehen genötigt wird); sie müssen auch mit dem anstoßenden Mauerwerk in regelrechtem Verband angelegt werden. Diesen regelrechten Verband erlangt man am besten, wenn man streng nach den für beliebige Mauerkörper angegebenen Regeln verfährt und zur Erleichterung des Verfahrens die Schichten durch den Seiten parallele Linien aus allen Ecken und Winkeln in Streifen zerlegt, deren Enden mit in der Richtung der Streifen liegenden Dreiquartieren in der dem Sonderfall entsprechenden Zahl besetzt werden. In den aufeinander folgenden Schichten muß natürlich die Richtung der Parallelen wechseln; auch ist auf richtigen Stosfugenwechsel bei Herstellung der $\frac{1}{2}$ Stein starken Kanalwände zu achten. Im übrigen wird auf das früher Gesagte verwiesen. Bei den Kanälen, deren Mafse nur in Viertelsteinlängen ausdrückbar sind, ist die Anwendung von Quartierstücken nicht zu umgehen. Beispiele für Kanäle, einzeln oder zu zweien nebeneinander in der Mauerstärke untergebracht oder Vorsprünge vor derselben bildend, liefern Fig. 121 bis 127. Die Verbandweise bei mehr als zwei nebeneinander liegenden Kanälen ist sehr leicht aus der für zwei dergleichen gegebenen zu ermitteln. Beispiele für Verbände mit Anwendung von Längsquartieren und für quadratische

Fig. 130.



Fig. 131.

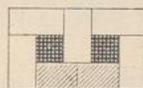


Fig. 132.

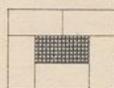


Fig. 133.



Fig. 134.

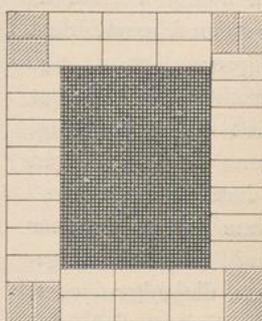


Fig. 135.

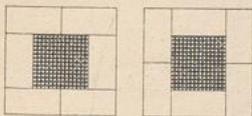


Fig. 136.

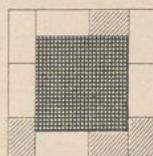


Fig. 137.

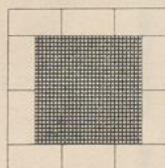


Fig. 138.

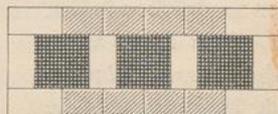


Fig. 139.

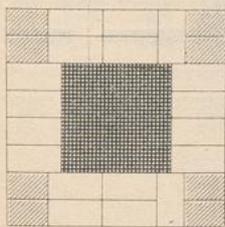


Fig. 140.

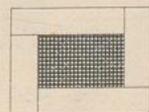


Fig. 141.

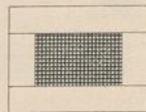


Fig. 142.

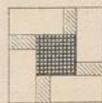
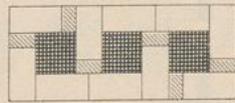


Fig. 143.



Kanäle von 1 Stein Weite finden sich in Teil III, Band 4 dieses »Handbuches« (S. 149³⁰).

Fig. 128 u. 129 bieten Beispiele für die Anordnung von Kanälen in Mauerkreuzungen. Sie sind hierbei oft, wie Fig. 129 zeigt, bei

³⁰⁾ 2. Aufl.: S. 218.

geschickter Anordnung der Mauern, so anzubringen, daß sie keine Vorsprünge in den Räumen bilden.

55.
Lotrechte
Kanäle
in Pfeilern

Mit Mauern nicht in Verbindung gebrachte Kanäle, einzeln oder in Gruppen nebeneinander, bilden Hohl Pfeiler, wie sie namentlich für Schornsteine von den Dachbalkenlagen an oder für ganz frei von unten an aufsteigende größere Schornsteine notwendig werden. Die Wandungen und Zungen der frei aufsteigenden Schornsteine werden bei den kleineren Querschnitten $\frac{1}{2}$ Stein, bei den größeren Querschnittsflächen und Höhen 1 Stein und darüber stark gemacht. Bei den $\frac{1}{2}$ Stein starken Wandungen wird der früher besprochene Läufer- oder Schornsteinverband angewendet. Beispiele für verschiedene Abmessungen der Kanäle, einzeln und zu mehreren nebeneinander, bieten Fig. 130 bis 133, 135 bis 138, 142 u. 143.

Fig. 134 u. 139 geben Beispiele von größeren Querschnittsflächen und 1 Stein starken Wandungen. In Fig. 139 ist der Hohlraum quadratisch von 2 Stein Seitenlänge, in Fig. 134 rechteckig von $2\frac{3}{4} \times 3\frac{3}{4}$ Stein Seitenlänge. Die Eckanlagen mit Dreiquartieren

sind für beide Fälle verschieden. Die Anordnung der Eckfugen für ähnliche Fälle ist aus den schematischen Figuren 140 u. 141 ersichtlich. Fig. 141 gibt die Anordnung, wenn die Seitenlängen durch Steinbreiten ohne Rest meßbar sind, Fig. 140 dagegen diejenige, wenn die Seiten sich nur durch Viertelsteinlängen ausdrücken lassen.

56.
Hohlmauern.

Wie schon angeführt, werden Mauern mit Hohlräumen, die sog. Hohlmauern, hergestellt, um in ihnen isolierende Luftschichten zu erhalten oder sie in ihrer Materialmasse zu verringern. Der erstere Grund wird namentlich bei

Umfassungsmauern häufig als vorliegend erachtet, der zweite besonders bei Scheidemauern aus konstruk-

Fig. 144.

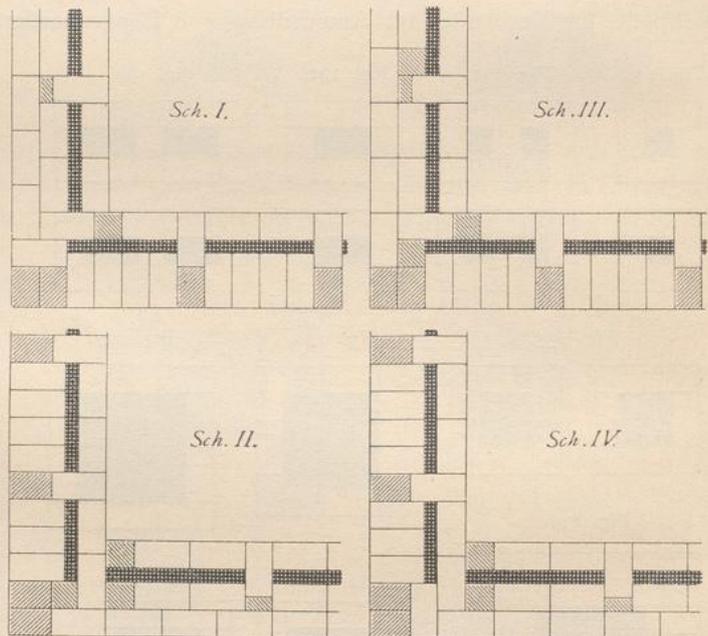


Fig. 145.

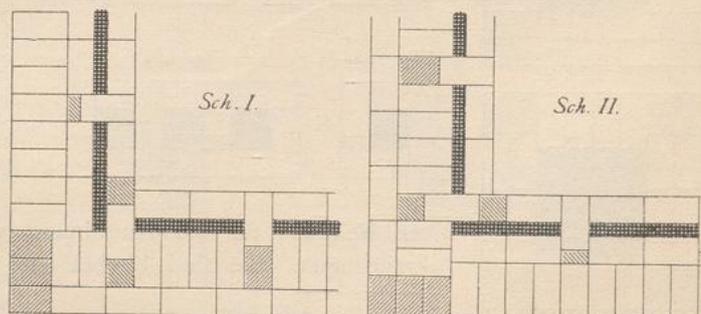
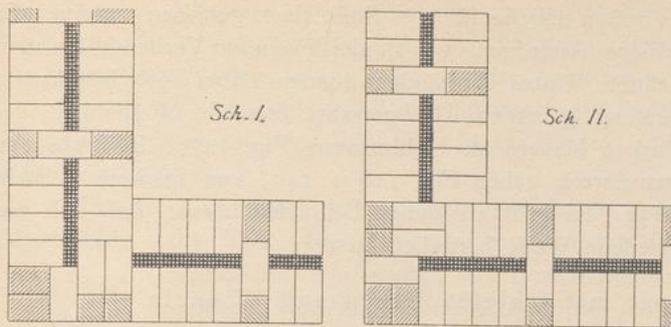


Fig. 146.



zu machen) Unterbrechungen durch Steine notwendig, welche die beiden Frontseiten zusammenbinden, um ihnen den durch die Hohlräume genommenen Teil ihrer Standfähigkeit wieder zu ersetzen. Bei den Umfassungsmauern mit isolierenden Luftschichten hält man in der Regel die äußere Hälfte mindestens 1 Stein stark, weil man die Stärke von $\frac{1}{2}$ Stein gegen das Durchschlagen der Feuchtigkeit für nicht genügend erachtet. Der innere Teil ergibt sich dann bei Mauern von nur $1\frac{1}{2}$ Stein Stärke $\frac{1}{2}$ Stein dick, was für diesen Teil, wenn er Balken zu tragen hat, zu wenig ist. Dieser Gegenstand wird ausführlich im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abschnitt 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches« besprochen werden. Der Luftschicht gibt man $\frac{1}{4}$ Stein oder $\frac{1}{2}$ Stein Breite.

Fig. 144 zeigt die zur Einrichtung des Kreuzverbandes an den Außenseiten notwendigen vier Schichten der mit Luftschicht $1\frac{3}{4}$ Stein starken Mauern einer Gebäudeecke, Fig. 145 die zwei Schichten für die im Blockverband herzustellende Ecke zweier mit Luftschicht $2\frac{1}{4}$ Stein starken Mauern. Die Durchbinder oder Ankersteine, welche die beiden Fronten der Mauern zusammenhalten, sind in Abständen von ca. 2 Steinlängen anzuordnen.

Fig. 148.

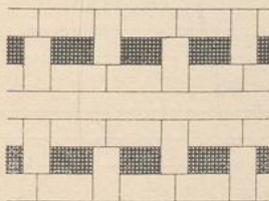


Fig. 150.

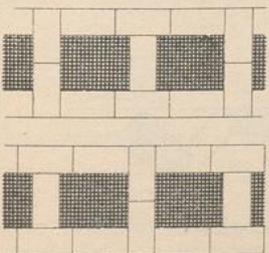


Fig. 149.

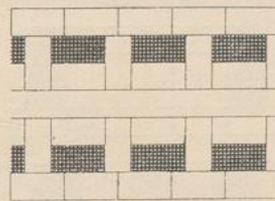
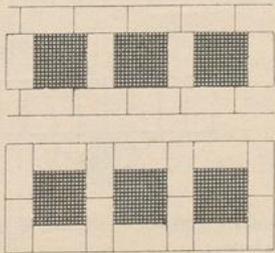


Fig. 151.



tiven oder wirtschaftlichen Rücksichten. In beiden Fällen kann es nicht, wie bei den Kanälen, darauf ankommen, daß die Hohlräume ununterbrochen lotrecht durchlaufen; im Gegenteil, es werden bei der großen Längenerstreckung derselben (sie sind so lang wie die Mauern

Bei den $2\frac{1}{4}$ Stein starken Mauern läßt sich der Hohlraum auch in die Mitte legen und dann mit Vorteil der Binderverband verwenden (Fig. 146). Es hat diese Anordnung noch den Vorzug, daß für die Stockwerksgebälke in dem 1 Stein starken inneren Teile eine sichere Untermauerung geschaffen wird.

Bei denjenigen Hohlmauern, die nicht Schutz gegen von einer Seite zur Wirkung gelangende Feuchtigkeit bieten sollen, wie dies in der Regel

bei Scheidemauern der Fall ist, und die nicht als Trag- oder Stützwände zu dienen haben, können die beiden Fronten unbedenklich $\frac{1}{2}$ Stein stark gehalten werden. Es ergibt sich dann bei regelmäßiger Anordnung von Bindersteinen ein Verband, den man als Kästelverband bezeichnet. Unter Umständen können dabei auch hochkantig gestellte Steine zur Verwendung gelangen. Es gewährt dies die Möglichkeit der Herstellung von 1 Stein starken Mauern als Hohlmauern (Fig. 147). Beispiele von $1\frac{1}{2}$ Stein starkem Kästelmauerwerk geben Fig. 148 u. 149, von folchem 2 Stein stark dagegen Fig. 150 u. 151. Es geht aus diesen Beispielen hervor, daß sich das Kästelmauerwerk auf verschiedene Weise herstellen läßt³¹⁾.

6) Mauerkörper mit schiefen Ecken und Winkeln.

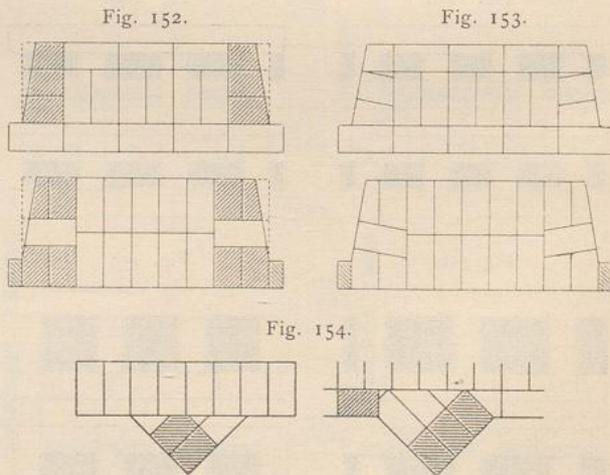
57.
Grundsätze

Da die Gestalt der gewöhnlichen Backsteine ohne weiteres die Bildung von schiefwinkligen Mauerkörpern nicht zuläßt, so müssen dieselben zu diesem Zwecke entsprechend zugehauen werden, oder man muß sich besonderer Formsteine bedienen. Wie schon bei Gelegenheit der Besprechung des schiefwinkligen Zusammenstoßes von Mauern ausgeführt wurde, verlieren die Mauersteine beim Verhauen an gutem Aussehen, an Festigkeit und an Witterungsbeständigkeit. Es wird daher das Verhauen der Steine nur dann zulässig erscheinen, wenn der Bedarf an zugehauenen Steinen ein geringfügiger ist oder wenn die Mauerflächen geputzt werden. Aber auch in letzterem Falle wird man die Anwendung von sehr kleinen Stückchen, sowie den spitzwinkligen Auslauf der Fugen in den Außenflächen zu vermeiden suchen müssen.

In allen Fällen, wo schiefe Winkel an einem Bauwerke in gleicher Größe oft wiederkehren, namentlich bei Backsteinrohbauten, wird sich die Verwendung von Formsteinen für die Ecken empfehlen. Außer der Beachtung der allgemein gültigen Verbandregeln werden hierbei für die Bildung dieser Formsteine gewisse Grundsätze festzuhalten sein, welche etwa die folgenden sind: die Formsteine sollen die Größe der gewöhnlichen Backsteine nicht wesentlich übersteigen (die Dicke ist immer genau beizubehalten); der Verband ist mit möglichst wenigen Sorten von Formsteinen herzustellen; die Stoszfugen sollen senkrecht zu den Außenflächen der Mauerkörper laufen.

58.
Thür-
und Fenster-
laibungen.

Ein sehr häufig vorkommender Fall, bei dem man sich aber in der Regel der gewöhnlichen Backsteine bedienen wird, ist die Anordnung von abgeschrägten Laibungen der Thür- und Fensterpfeiler. Das gewöhnliche Verfahren hierbei ist das in Fig. 152 dargestellte, wonach man sich zunächst den Verband für rechtwinkelige Laibungen aufsucht und durch die gewünschte Schräge der Laibung die von den Mauerenden abzuhauenden Steinstücke bestimmt. Ein anderes Verfahren gibt Fig. 153; es sind dabei so gut, als es

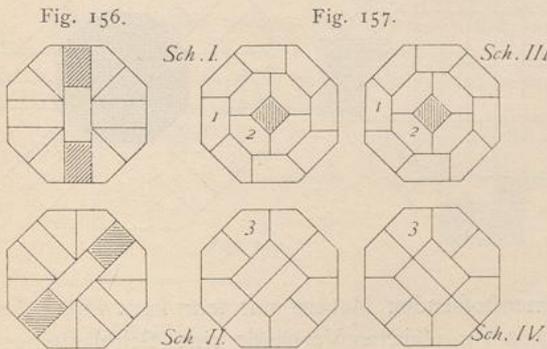
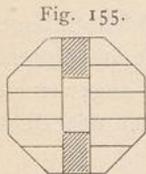


³¹⁾ Ueber die Herstellung von Hohlmauern mit Hilfe von Hohlsteinen wird im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abschnitt 1, B, Kap. 2) dieses »Handbuchs« die Rede sein.

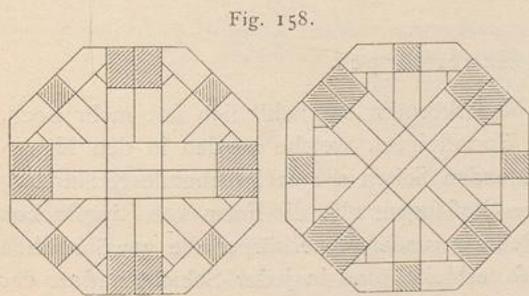
ging, die Regeln für stumpfwinkelige Mauerecken befolgt, die Stofsugen teilweise fenkrecht zu den äußeren Mauerfluchten, die spitzen Winkel der Steine möglichst in das Innere des Mauerkörpers verlegt worden. Trotzdem ist zuzugeben, daß durch dieses Verfahren ohne Verwendung von Formsteinen keine großen Vorteile zu erzielen sind.

Seltener ist der Fall, daß Mauerfluchten unter schiefen Winkeln einschneidende Pfeilervorlagen einzubinden sind. Das Einbinden erfolgt dann etwa in der in Fig. 154 mitgeteilten Weise.

Häufiger sind vieleckige Freistützen herzustellen, und unter diesen am häufigsten regelmäsig achteckige. Fig. 155 gibt eine Schicht einer solchen von $2\frac{1}{2}$ Stein Stärke für Herstellung aus gewöhnlichen Backsteinen. Durch fortgesetzte Drehung dieser Schicht um 45 Grad kann ein vierfacher Wechsel der Fugenrichtung in vier aufeinander folgenden Schichten erzeugt werden. Es entspricht demnach diese Verbandanordnung allen Anforderungen an Fugenverwechslung und Ueberdeckung der Steine in den aufeinander folgenden Schichten, während sie andererseits in dem stark spitzwinkligen Auslauf der stark verhauenen vier Ecksteine einen bedeutenden Mangel aufweist. Dieser sonst bequem einzurichtende Verband wird daher nur dann anzuwenden sein, wenn es sich um Herstellung weniger und zu putzender Pfeiler handelt. Für andere Fälle ist die Verwendung von Formsteinen entschieden anzuraten. Derartige Beispiele bieten Fig. 156 u. 157.



In Fig. 158 ist eine Freistütze von $4\frac{1}{2}$ Stein Stärke dargestellt. Die zweite Schicht ist durch Drehung der ersten um 45 Grad erzielt. Der Grundgedanke der Verbandbildung bei diesem Beispiel ist auch für noch stärkere Pfeiler anwendbar. Es wird nur eine Sorte Formsteine für die Ecken notwendig.



Reicher gegliederte Freistützen mit Vorlagen an den Vieleckseiten oder mit Diensten besetzte Pfeiler, wie sie als Stützen von Gewölben oft notwendig werden, deren auf eine Andeutung zu beschränkende Behandlung sich am besten hier anschließt, sind immer nur mit Formsteinen und als Rohbau auszuführen. Fig. 159 und 161 mögen als Beispiele genügen ³²⁾.

³²⁾ Zahlreiche Beispiele finden sich in dem schon in Fußnote 25 (S. 30) angeführten Werke von *Fleischinger & Becker*, dem auch Fig. 159 u. 161 nachgebildet sind.

59.
Dreieckige
Pfeiler-
vorlagen.

60.
Vieleckige
Freistützen.

61.
Gegliederte
Freistützen.

Fig. 159.

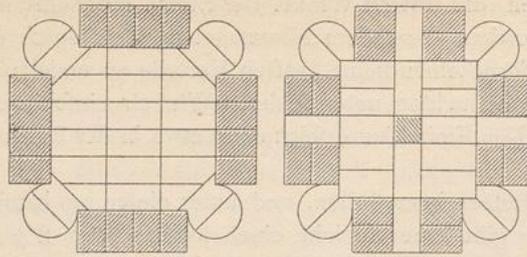
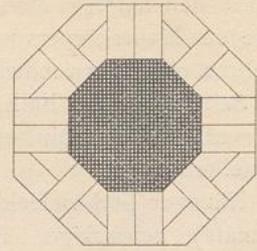


Fig. 160.



62.
Vieleckige
Hohlfeiler.

Auch unter den vieleckigen Hohlfeilern, welche so oft als Fabrikschornsteine Verwendung finden, sind die von regelmäßig achteckigem Grundriß die häufigsten. Es werden bei diesen, wie bei allen anderen, zunächst die Regeln angewendet werden müssen, welche früher für die Bildung der stumpfwinkligen Ecken mitgeteilt

Fig. 161.

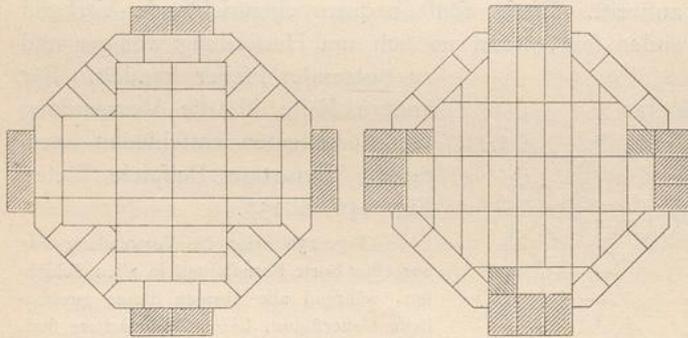
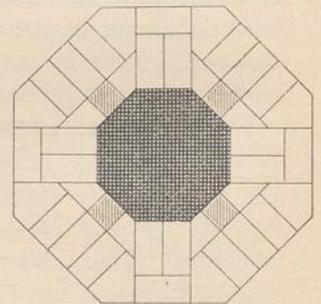


Fig. 162.



wurden, wenn gleich hier die zusammenstossenden Mauern nur sehr kurz sind. Es ergeben sich dann die in Fig. 160 u. 162 vorgeführten Verbände eines Schornsteines, dessen innere Achteckseite 1 Stein lang ist (der Durchmesser des eingeschriebenen Kreises ist dann gleich $2,414$ Steinlängen) und dessen Wandstärken 1 Stein oder $1\frac{1}{2}$ Stein betragen. Die zweiten Schichten sind sofort durch Drehung der ersten um 45 Grad zu erlangen.

7) Runde Mauerkörper.

63.
Gekrümmte
Mauern.

Für die Herstellung von runden Mauerkörpern empfiehlt sich fast mehr noch, als für vieleckige die Verwendung von Formsteinen, welche an den in den Mauerfluchten oder konzentrisch zu diesen liegenden Seiten die entsprechende Krümmung und senkrecht zur Krümmung gerichtete Stosfugen, also die Form von Ringstücken besitzen müssen. Würde man zur Herstellung runder Mauerkörper die gewöhnlichen rechteckigen Mauersteine verwenden, so erhielte man in jeder Schicht anstatt der gebogenen Flucht eine vieleckige. Die Läuferfluchten würden von der Bogenform noch mehr abweichen, als die Binderfluchten, weil sie nur die halbe Seitenzahl erhielten als die letzteren. Bei großen Krümmungshalbmessern würden allerdings die Abweichungen von der cylindrischen Mauerflucht so gering ausfallen, daß sie nicht stören könnten.

Fig. 163.



Fig. 164.

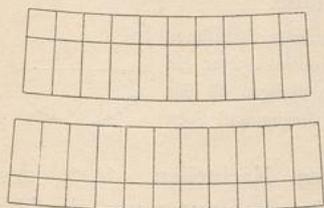
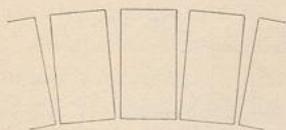


Fig. 165.



Wir wollen den letzteren Weg einschlagen und annehmen, daß die Stosfugen an der äußeren Mauerflucht das Maß von 15 mm nicht übersteigen, an der inneren Flucht aber nicht unter 7,5 mm herabgehen dürfen. Unter Festhaltung des Binderverbandes erhalten wir dann, wie Fig. 166 nachweist, bei der 1 Stein starken Mauer die Proportion

$$135 : 127,5 = (250 + r) : r,$$

daraus $r = \frac{127,5 \cdot 250}{7,5} = 4,25 \text{ m},$

Fig. 166.

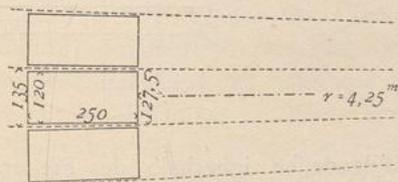
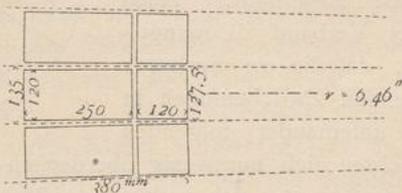


Fig. 167.



wobei r den lichten Halbmesser des gekrümmten Mauerwerkes bezeichnet.

Nach Fig. 167 erhalten wir für die $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauer

$$135 : 127,5 = (380 + r) : r$$

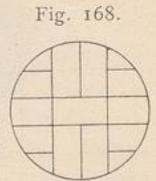
und $r = \frac{127,5 \cdot 380}{7,5} = 6,46 \text{ m}.$

Es würden also unter den gemachten Voraussetzungen 1 Stein starke Mauern mindestens einen Halbmesser von $4,25 \text{ m} = 17$ Steinlängen und $1\frac{1}{2}$ Stein starke Mauern einen geringsten Halbmesser von ca. $6,5 \text{ m} = 26$ Steinlängen erfordern. Auch für noch stärkere Mauern ergibt sich als ungefähres Verhältnis zwischen Mauerstärke und Halbmesser $1 : 17$. Für kleinere Halbmesser oder vielmehr bei gekrümmten Mauern, deren Stärke größer als $\frac{1}{17}$ des lichten Halbmessers ist, wird sich unbedingt das Verhauen der Steine oder noch mehr die Anwendung der beschriebenen Formsteine empfehlen. Mit den letzteren lassen sich dann die gekrümmten Mauern ganz in denselben Verbänden wie die geraden ausführen.

64.
Runde
Freistützen.

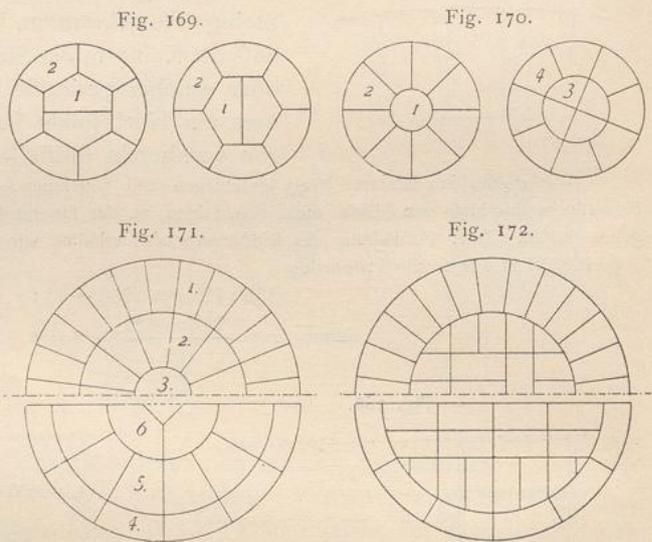
Die Herstellung von Rundpfeilern aus gewöhnlichen Backsteinen liefert sehr schlechte Ergebnisse, wie das Beispiel in Fig. 168 zeigt, bei welchem allerdings ein Wechsel von vier Schichten ganz verbandgerecht durch fortgesetzte Drehung um 45 Grad erzielt werden kann. Wenn nun auch die Verwechslung der Fugen eine regelrechte ist, so entspricht doch der Verband anderen, nicht minder wichtigen Forderungen nur in geringem Grade.

Es sind in jeder Schicht nur zwei nach dem Mittelpunkte laufende Stosfugen vorhanden; alle anderen treffen unter zum Teile spitzem Winkel den Umkreis. Nur ein Stein (der in der Mitte) braucht nicht verhauen zu werden, bei allen übrigen ist dies notwendig; dabei kommen alle behauenen Flächen in den Umfang zu liegen und eben dahin noch eine Anzahl sehr kleiner Stücke.



Infolgedessen wird sich, abgesehen von sonstigen Nachteilen, trotz des größten Aufwandes von Mühe und Sorgfalt seitens des Maurers, immer nur ein sehr unvollkommen gestalteter Säulencylinder ergeben. Es wird in solchen Fällen die Verwendung von Formsteinen

auch hinsichtlich der Kosten sich lohnen, namentlich wenn man solche nur am Umfang verwendet, den Kern aber aus gewöhnlichen Backsteinen herstellt, wie dies Fig. 172 zeigt. In Fig. 169 ist der Formsteinverband für einen 2 bis 2½ Stein starken Rundpfeiler in feinen zwei Schichten dargestellt, wobei man mit zwei Sorten von Formsteinen auskommt. Auch dieser Verband ist mangelhaft, da die ein Sechseck bildenden Zwischenfugen in den aufeinander folgenden



Schichten sich nur wenig überdecken und infolgedessen innerhalb des Pfeilers ein nur wenig unter sich verbundener Mantel und Kern sich bilden werden. Bessere Ergebnisse erzielt man bei Anwendung von vier Formsteinforten (Fig. 170). In Fig. 171 u. 172 sind Verbände für 5 Stein starke Rundpfeiler dargestellt. Zur Herstellung von Pfeilern nach Art von Fig. 171 sind sechs Sorten von Formsteinen erforderlich.

Als Beispiel ist noch der aus Formsteinen hergestellte Verband der kannelierten Mittelschiffsäulen der Basilika zu Pompeji hinzugefügt worden (Fig. 173).

Von diesen Säulen stehen jetzt Stümpfe von 1 bis 2 m Höhe aufrecht. Die Formsteine sind zwar bei allen nach derselben Weise gebildet; sie sind aber nicht überall in den Mäßen gleich. So haben die im Durchmesser wechselnden kreisrunden Mittelstücke 52 cm und 48 cm, bezw. 36 cm und 25 cm Durchmesser; dementsprechend sind auch die radialen Stücke verschieden. Die Lagerfugen sind dünn, nämlich 3 bis 5 mm dick. Die Stosfugen sind sehr verschieden gemauert. Sie sind bei vielen Säulen bis zu 40 mm dick zwischen den radialen Formsteinen; bei anderen sind sie wieder dünn gehalten. Ob dies ebenso, wie die verschiedene Größe der Steine mit der Herstellung der Säulenverjüngung zusammenhängt, wird sich nur durch genauere Untersuchung feststellen lassen, namentlich der Frage, ob und welche der Säulenstümpfe nach der Aufgrabung etwa neu aufgemauert worden sind. Die Kanneluren scheinen durch Zuhauen hergestellt worden zu sein. Daß die Säulen geputzt waren, braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden.

Fig. 173.

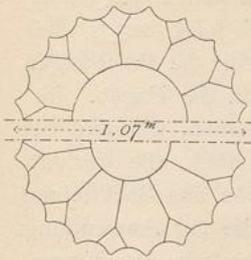


Fig. 174.

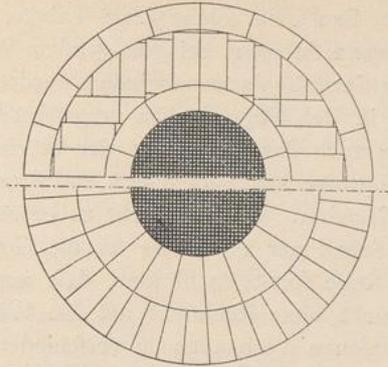
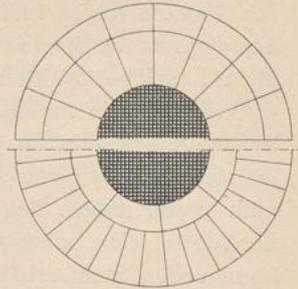


Fig. 175.



Verschiedene antike Säulenverbände von Backsteinen aus Pompeji und Rom sind in Teil II, Band 2 dieses »Handbuches« zu finden.

Fabrikshornsteine erhalten sehr häufig die Gestalt von Hohl Pfeilern mit kreisrundem Grundriss. Da bei solchen die Ausführung eines Putzes, sowohl innen als außen, unzweckmäßig ist, so müssen dieselben unter allen Umständen an den äußeren und inneren Flächen aus Formsteinen hergestellt werden (Fig. 175). Bei größeren Mauerstärken können dabei im Inneren des Mauerwerkes wohl auch teilweise gewöhnliche Backsteine Verwendung finden, wofür Fig. 174 ein Beispiel gibt.

Es mag hier noch angeführt werden, daß man in neuerer Zeit zur Herstellung von Fabrikshornsteinen, sowohl runden als vieleckigen, die Verwendung von Hohlsteinen besonders empfiehlt.

8) Bogenverband.

Die Steinkonstruktionen zur Ueberdeckung von Räumen und Oeffnungen müssen wie alle Mauerwerke nach den allgemeinen Gesetzen hergestellt werden, wie sie im 1. Kapitel vorgeführt wurden. Es sind danach die für diese Zwecke zur Anwendung gelangenden Gewölbe aus Schichten herzustellen, deren Lagerflächen im allgemeinen senkrecht zur Richtung des Hauptdruckes liegen. Es führen dementsprechend bei den Gewölben die so gelegenen Fugenflächen den Namen Lagerflächen und die Durchdringungen derselben mit den Ansichtsflächen der Gewölbe die Bezeichnung Lagerfugen (Wölb-fugen); alle übrigen Fugenflächen und Fugen nennt man Stoffsflächen, bezw. Stoffs-fugen. Die Richtung des Fugendruckes ist in den Gewölben eine wechselnde; sie folgt einer gekrümmten Drucklinie. Die Schichten eines Gewölbes können demnach nicht von parallelen Lagerflächen begrenzt sein; sondern es müssen die letzteren sich gegeneinander neigen. Gewöhnlich ist die Drucklinie nicht konzentrisch zur Wölblinie oder Bogenlinie des Gewölbes. Da man aber um des Aussehens willen und um spitzwinkelige Außenkanten der Wölbsteine zu vermeiden, die Lagerfugen senkrecht zur inneren Wölblinie annimmt, bei Kreisbogen also nach dem Mittelpunkt gerichtet, so ergibt sich daraus für die Lagerflächen fast immer eine von der theoretisch richtigen abweichende Lage.

Diese Abweichung darf nach den Auseinandersetzungen des 1. Kapitels ein gewisses Maß nicht überschreiten, wenn ein Gleiten der Wölbsteine aufeinander ausgeschlossen sein soll. Hierauf ist bei der Konstruktion der Gewölbe unter Umständen die gebührende Rücksicht zu nehmen. Dem Gleiten der Wölbsteine aufeinander

65.
Runde
Hohl Pfeiler.

66.
Fugenflächen
und
Fugenlinien.

67.
Verband.

wirkt der zwischen die Fugenflächen gebrachte Mörtel entgegen. Da nun die Wölbsteine zum größten Teile im Bau eine solche Lage haben, daß sie dem Gesetze der Schwere folgen müssen, wenn sie nicht bei genügendem Widerstande der Widerlager durch die Spannung im Gewölbe daran verhindert werden, so folgt daraus, daß Mittel, welche die Reibung in den Fugenflächen vergrößern, für die Wölbungen willkommen sein müssen, also auch das Einbringen des Mörtels in die Fugen. Insbesondere gilt dies für die Gewölbe aus Backsteinen und Bruchsteinen, während bei den Haupteingewölben aus Gründen, die hier nicht zu erörtern sind, die Verhältnisse etwas anders liegen. Sehen wir also, daß für die Gewölbe aus Backsteinen der Mörtel eine bedeutende Rolle spielt, so ist klar, daß man die zur Anwendung kommenden Steinverbände nicht ohne Rücksicht auf die Wirksamkeit des Fugenmörtels, die bei den verschiedenen Verbänden in verschiedener Weise sich äußert, besprechen kann, daß also deren Erörterung hier noch nicht am Platze, sondern zweckmäßigerweise nach Teil III, Band 2, Heft 2 (Abt. III, Abchn. 2, A) dieses »Handbuches« zu verschieben ist. Nichtsdestoweniger ist es möglich, hier

wenigstens die gebräuchlichen Verbandanordnungen vorzuführen, welche bei der Konstruktion der Mauer- und Gurtbogen zur Anwendung gelangen, weil sie ganz und gar den Pfeilerverbänden entsprechen, wenn man sich die lotrechte Achsenlinie des Pfeilers durch die gekrümmte des Bogens er-

setzt denkt. Es können dann die für Freistützen früher gegebenen Verbandanordnungen als unmittelbar auch für Bogen gültig angenommen werden. Es brauchen diese Beispiele hier nur durch solche, die auf die Bildung eines Anschlages Bezug haben, vermehrt zu werden, da bei den zur Ueberdeckung von Fenster- und Thüröffnungen angewendeten Mauerbogen Anschläge aus denselben Gründen, wie bei den Thür- und Fensterpfeilern erforderlich werden. Den für letztere in Fig. 101, 102, 105 bis 109 mitgeteilten Beispielen schließen sich die unter Fig. 176 bis 180 für Bogen passend an.

Erhalten die Bogen eine bedeutende Tiefe, werden sie zu Tonnengewölben, so erhalten die Schichten die Verbandanlagen von Mauern mit lotrechten Abchlüssen an beiden Enden, wie ja auch die Pfeiler in ihrem Verband nichts anderes zeigen, als die nahe zusammengedrängten Endigungen von Mauern.

Am besten werden die Bogen aus keilförmig gestalteten Steinen ausgeführt. Kann man solche für den gegebenen Halbmesser des Bogens nicht geformt aus der Ziegelei beziehen, so muß man sie keilförmig zuhauen. Besonders wichtig wird dies für die Halbkreisbogen, weil bei diesen die Dicke des Bogens im Verhältnis zum Halbmesser ziemlich groß ist, die Schichten also stark keilförmig ausfallen. Die Keilform der Steine darf aber gewisse Grenzen nicht überschreiten. Beim Brennen würde eine sehr ungleichmäßige Dicke der Steine ein Verziehen zur Folge haben; ebenso

Fig. 176.

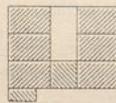


Fig. 177.

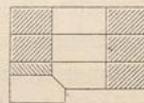


Fig. 178.

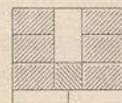


Fig. 179.

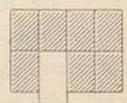
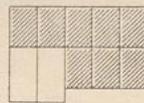
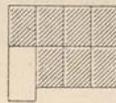
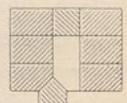
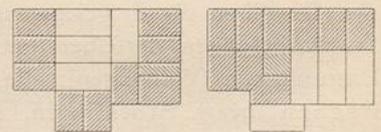


Fig. 180.



würde aber ein zu starkes Verhauen die Wölbsteine zu sehr schwächen. Man kann wohl annehmen, daß die Schwächung der Steine $\frac{1}{3}$ der Dicke, also beim Normalformat ca. 22 mm nicht übersteigen sollte. Nimmt man einen solchen noch zulässigen Unterschied in der Dicke der Steine an der inneren und äußeren Wölbfläche des Bogens an, so wird sich daraus berechnen lassen, welche Stärke ein Bogen, der im Verband eingewölbt werden soll, bei gegebenem Halbmesser nicht übersteigen darf, oder bis zu welchem kleinsten Halbmesser herab ein Bogen von gegebener Stärke im Verband hergestellt werden kann. Unter dieser Annahme berechnet sich der Halbmesser eines Bogens

von $\frac{1}{2}$ Stein Stärke zu 251 mm,
» 1 » » » 523 » ,
» $1\frac{1}{2}$ » » » 796 » ,

also im allgemeinen annähernd der Halbmesser als Zweifaches der Bogenstärke³³⁾.

Bei flachen Bogen konvergieren die Schichten nicht stark, so daß es möglich wird, dieselben aus den parallelepipedischen gewöhnlichen Backsteinen herzustellen und nur die Lagerfugen keilartig zu gestalten, ähnlich wie dies für rundes Mauerwerk erörtert wurde. Nimmt man, wie damals die zulässige Dicke der Fugen am Bogenrücken zu 15 mm und die Fugendicke an der Bogenlaibung zu 7,5 mm an, so berechnet sich der lichte Halbmesser des Bogens

bei 1 Stein Bogenstärke zu 2,416 m,
» $1\frac{1}{2}$ » » » 3,671 » ,
» 2 » » » 4,930 » ,

also ungefähr der kleinste Halbmesser, mit dem ein Bogen aus gewöhnlichen Backsteinen, ohne daß die Fugen zu keilartig ausfallen, im Verband gewölbt werden kann, zur 10-fachen Bogenstärke.

Sind die Bogen im Verhältnis zum Halbmesser so stark zu machen, daß die Steine oder die Fugen in unzulässiger Weise keilförmig gemacht werden müßten, so muß man es aufgeben, im Verband zu wölben. Man muß dann von einem der ersten Grundsätze für alle Steinverbände absehen, nämlich dem, daß in aufeinander folgenden Schichten nie Stosfugen aufeinander treffen sollen. Die Ausführung erfolgt dann entweder so, daß man mehrere im Verbands gewölbte Ringe übereinander anordnet, oder so, daß man den Bogen aus einer Anzahl von konzentrischen, $\frac{1}{2}$ Stein starken Schalen oder Ringen (englischer Verband, Schalen- oder Rouladenbogen) zusammensetzt. Bisweilen werden die Schalen an passenden Stellen durch Binder verbunden oder in Abteilungen zerlegt. Das Nähere über diese Konstruktionen folgt später.

b) Quaderverbände.

Regelmäßig bearbeitete natürliche Steine von ansehnlicher Größe nennt man Quader, Haufsteine, Werksteine, Werkstücke oder Schnittsteine. Quader werden aber auch größere, aus Mörtelmaterialien durch Gießen oder Stampfen in Formen erzeugte künstliche Steine genannt (Betonquader). Zwischen natürlichen und künstlichen Quadern ist indes in Beziehung auf die Verbandanordnung weiter kein Unterschied zu machen als der, der sich daraus ergibt, daß es für die künstlichen Quader bequemer ist, dieselben in genau regelmäßiger Form herzustellen, während bei den

69.
Natürliche
und künstliche
Quader.

³³⁾ Dieses Verhältnis würde genau richtig sein, wenn die Abmessungen der Backsteine sich genau wie 1:2:4 verhielten.

natürlichen Quadern häufig gewisse Abweichungen von der regelmässigen Form zulässig erscheinen.

70.
Abmessungen
der
Quader.

Würde man die Abmessungen der Quader nach den für die Backsteine gültigen Verhältnissen bestimmen, so würde über die Quaderverbände weiter gar nichts Besonderes zu sagen sein. Die Quader haben aber in der Regel kein vorher genau bestimmtes Mafs; sondern sie werden für jeden Bau besonders bestellt und hergerichtet, so dafs man in der Lage ist, innerhalb gewisser Grenzen die Mafse nach den herzustellenden Mauerdicken festzusetzen³⁴⁾. Die Abmessungen für jeden einzelnen Quader werden in den für jede Schicht zu zeichnenden und mit genau einzuschreibenden Mafsen versehenen Schichtenplänen ermittelt und bei der Bestellung angegeben. Die Lieferung mufs dann unter Hinzufügung des sog. Arbeitszolles (2,5 bis 3,0 cm) erfolgen. Immerhin ist man aber bei der Festsetzung der Mafse von der Art des natürlichen Gesteines und von der Stärke der Bänke oder Schichten deselben in den Steinbrüchen abhängig. Hierüber, sowie über die Proportionierung der Quader ist schon im 1. Kapitel das Notwendige gesagt worden. Es mag dem hier noch hinzugefügt werden, dafs die Höhe eines Quaders, auch wenn daran festgehalten wird, dafs die natürliche Schichtung senkrecht zur Druckrichtung zu legen ist, doch niemals die Dicke der Bank des Steinbruches übersteigen darf, damit die Quader keine natürlichen Lagerfugen erhalten. Ebenso soll aber die Höhe der Quader nicht viel kleiner als die Bankdicke genommen werden, ausgenommen natürlich den Fall sehr grosser Mächtigkeit der Bänke, wie sie häufig bei den Sandsteinen vorkommt. Bei reicheren Quaderbauten wird man innerhalb der eben angedeuteten, für das zur Verfügung stehende Material zu ermittelnden Grenzen die Mafse der architektonischen Ausbildung entsprechend festsetzen. Bei billiger herzustellenden Bauten dagegen wird man mehr auf die Mafse Rücksicht zu nehmen haben, in denen sich die Steine in den Brüchen gewöhnlich ergeben. Man wird zwar die Höhe aller Steine einer Schicht gleich halten, dagegen auf die Gleichheit der Länge aller Steine und der Höhe der übereinander folgenden Schichten verzichten.

Hauptgrundsatz für die Herstellung eines guten Verbandes bleibt dann ein gutes Ueberbinden der Steine in der Längen- und Querrichtung der Mauern. Als geringste Grösse dieses Ueberbindungsmafses, also des Mafses, bis zu welchem sich die Stofsugen zweier aufeinander folgenden Schichten nähern dürfen, ist die halbe Höhe der Quader anzunehmen; als mittleres Ueberbindungsmafs ist dagegen die ganze Quaderhöhe anzustreben.

Je nach der Stärke der Mauer wird dieselbe nur aus Läufern oder aus Läufern und Bindern oder wohl auch aus nebeneinander zu legenden, verschieden breiten Läuferreihen zusammengesetzt. Die Läufer erhalten eine Länge, die gleich ist der zwei- bis dreifachen Höhe, und eine Breite gleich der einfachen bis doppelten Höhe. Den Bindern gibt man ein Drittel bis die Hälfte der Läuferlänge zur Breite und macht sie zwei- bis dreimal so lang. Die Proportionierung der Mafse ist jedoch, wie früher schon angeführt, von der Güte und Festigkeit des Materiales abhängig.

³⁴⁾ Es ist hierzu anzuführen, dafs in einigen Gegenden mit ausgedehntem Steinbruchbetrieb gewisse Sorten von Quadern auf Vorrat gearbeitet und nach einem Marktpreis verkauft werden. Es finden dieselben dann in der Regel nur bei Massenbauten Verwendung, beim Hochbau meist nur zu den Fundamenten. So ist es z. B. in den sächsischen Elb-Sandsteinbrüchen, wo die Mafse für eine ziemliche Zahl von oft verlangten Steinwaren durch Vereinbarung festgesetzt worden sind; diese werden nach dem Stück bezahlt, während alle übrigen nach Mafs bestellten Steinstücke nach dem Rauminhalt verrechnet werden. — Gleiches ist in Baden der Fall.

Ist die Mauer nur so dick, daß eine Quaderbreite zur Herstellung derselben ausreicht, so wird sie nur aus Läufern hergestellt. Sind alle Quader gleich lang, so

Fig. 181.

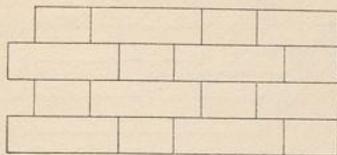


Fig. 182.

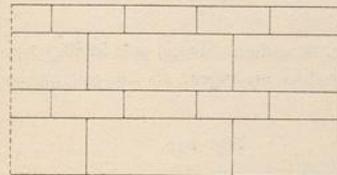


Fig. 183.

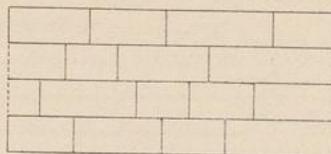
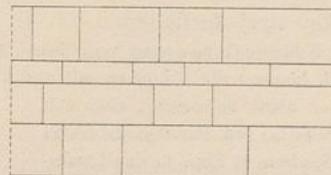


Fig. 184.



1) gleich hohe Schichten, in den Schichten regelmäßiger Wechsel von kurzen und langen Steinen (Fig. 181);

2) regelmäßiger Wechsel von niedrigen und hohen Schichten, in den wiederkehrend gleich hohen Schichten gleich lange Steine, in den unmittelbar auf-

Fig. 185.

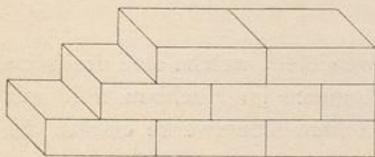
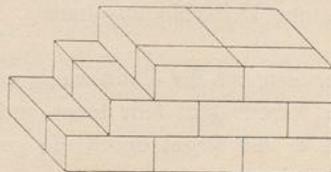


Fig. 186.



einander folgenden Schichten ungleiche Länge der Steine (Fig. 182);

3) gleich hohe Schichten, ungleiche Länge der Steine (Fig. 183);

4) verschieden hohe Schichten und ungleiche Länge der Steine (Fig. 184).

Ist die Mauer stärker als eine Quaderbreite, so kann sie:

1) aus Schichten, die aus zwei verschieden breiten Läuferreihen bestehen (Fig. 186), hergestellt werden;

2) man kann Binderreihen und Läuferreihen wechseln lassen (Fig. 187); man erhält dann den Blockverband der Backsteine, den man durch abwechselndes Ver-

Fig. 187.

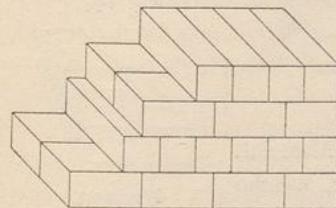
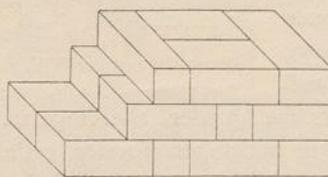


Fig. 188.



schieben der Läuferreihen in den Kreuzverband umgestalten könnte;

3) man kann Binder mit Läufern in den einzelnen Schichten abwechseln lassen (Fig. 188); man erhält

dann den polnischen oder gotischen Verband mit feinen Mängeln, die sich aber durch Anwendung von verschieden breiten Läufern beseitigen lassen, wie Fig. 189 zeigt.

Diese breiteren Läufer haben nach der Erklärung des Begriffes Binder in Art. 19 (S. 18) als solche zu gelten.

71.
Verband
für 1 Stein
starke
Mauern.

72.
Verband
für stärkere
Mauern.

Auch die anderen Ziegelverbände lassen sich nach Belieben zur Anwendung bringen.

Bei noch dickeren Mauern kann man in einer Schicht um die andere dieselbe aus drei Läuferreihen bestehen

lassen, die übrigen Schichten entweder aus zwei Läuferreihen (Fig. 190) oder aus lauter Durchbindern (Fig. 191) herstellen.

Es können hierbei die Schichtenhöhen auch verschieden fein; z. B. anstatt dafs sie, wie in Fig. 190, gleich hoch angenommen sind, könnten die Schichten mit drei Läuferreihen niedriger, als die mit zwei gehalten werden. Auch ist es nicht notwendig, dafs sich die Stofsugen schneiden, wie dies bei den Backsteinverbänden üblich und zweckmäfsig ist; sondern es kann in den Läuferreihen die innigere Verwechfelung der Stofsugen angeordnet werden, wie sie Fig. 191 zeigt.

Im übrigen können auch bei den eben besprochenen stärkeren Quadermauern dieselben Aenderungen in Bezug auf die Gröfsen der Quader eintreten, wie bei den Mauern, die nur aus einer Quaderreihe hergestellt werden, wenn nur immer ein genügendes Ueberbindungsmafs eingehalten wird.

Stärkere Quadermauern, als die schon wenig verwendeten, welche eine dreifache Quaderbreite zur Dicke haben, sind sehr teuer und kommen im Hochbau wohl nur selten vor. Sie werden in der Regel durch die gemischten Mauerwerke ersetzt, die später zur Besprechung gelangen.

Die Mauerecken, Maueranschlüsse und Mauerdurchkreuzungen, die Maueranschläge

und die Freistützen können nach denselben Verbandregeln, natürlich unter Berücksichtigung der Gröfse der Quader, aus letzteren hergestellt werden, wie sie für die Backsteine ausführlich erörtert worden sind, bedürfen daher hier keiner wiederholten Besprechung.

Es ist jedoch darauf aufmerksam zu machen, dafs die Quader, allerdings unter Materialverlust, eine Bearbeitung in beliebigen Formen gestatten, welche Verbänderleichterungen ermöglichen, wie sie bei den Backsteinen nur ausnahmsweise und dann auch gewöhnlich nur mit Formsteinen zur Ausführung gelangen. Es bezieht sich diese Bemerkung auf die häufig angewendeten Auskröpfungen oder Ausklinkungen der Quader.

Fig. 189.

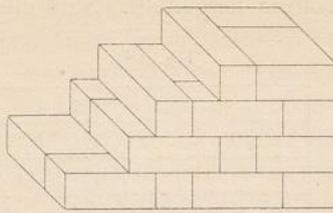


Fig. 190.

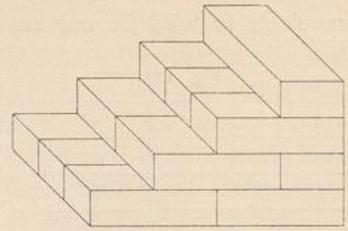


Fig. 191.

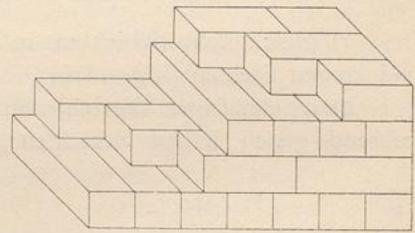


Fig. 192.

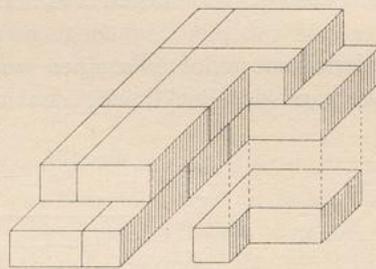


Fig. 193.

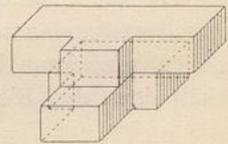


Fig. 194.

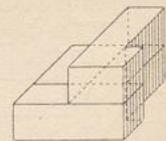
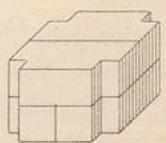
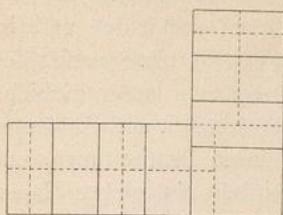


Fig. 195.



73.
Mauerecken,
-anschlüsse,
-durch-
kreuzungen
etc.

Fig. 196.



Es stellen dar: Fig. 192 eine Eckbildung, Fig. 193 einen Maueranschluss, Fig. 194 die Bildung des Anschlages einer Oeffnung, Fig. 195 einen Kreuzpfeiler unter Benutzung solcher ausgekröpfter Quader oder der fog. Flügelsteine.

Ferner kann angeführt werden, dass man sich zur Bildung der Ecken öfters auch grösserer Quader bedient, als sonst in der Mauer Verwendung finden (Fig. 196).

Bei stumpf- und spitzwinkligen, sowie bei abgerundeten und abgestumpften Ecken, die hier nur beiläufig erwähnt werden sollen, legt man ebenfalls zweckmässigerweise grössere Quader an die Ecke, und zwar häufig in diagonaler Richtung mit der Rücksichtnahme, dass die Stofsugen möglichst senkrecht zu den Fluchten stehen³⁵⁾.

c) Verbände für Mauern aus Bruchsteinen und Feldsteinen.

Unter Feldsteinen versteht man alle Geschiebe und Findlinge verschiedener Grösse, die sich zerstreut in den Flüssen, an den Ufern derselben, in Wäldern und auf Feldern finden, also alle einzeln sich findende Steine. Unter Bruchsteinen sind dagegen alle solche Steine zu verstehen, die von anstehenden Felsen gebrochen werden. Sind die Feldsteine gross, so können sie zerteilt werden und ebenso wie die Bruchsteine grössere oder geringere Bearbeitung erfahren. Von den natürlichen Quadern unterscheiden sich die Bruchsteine entweder durch die geringere Bearbeitung oder, wenn sie regelmässig bearbeitet sind, durch die geringere Grösse³⁶⁾. Im letzteren Falle sind sie Schichtsteine³⁷⁾ zu nennen, wenn sie parallelepipedische Form haben, Polygonsteine oder Mosaiksteine dagegen, wenn sie vieleckige Stirnseiten erhalten.

Bei Herstellung jedes Bruchstein- oder Feldsteinmauerwerkes ist die Einhaltung der Verbandsregeln, wie sie für regelmässige Steine gelten, nach Möglichkeit anzustreben. Je gleichmässiger die Zusammenfetzung der Schichten, je besser der Verband in denselben, um so besser wird das Mauerwerk sein, um so mehr wird es sich an Güte dem Backstein- und dem Quadermauerwerk nähern.

Das Bruchsteinmauerwerk lässt sich danach in folgende 3 Gattungen zerlegen:

- 1) Mauerwerk aus Schichtsteinen;
- 2) Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen mit abgesetzten Schichten, und
- 3) ordinäres Bruchsteinmauerwerk.

Zu diesen würden noch als besondere Formen hinzutreten haben:

- 4) der Cyklopenverband und
- 5) der Polygon- oder Mosaikverband.

Kennzeichnend für das Schichtsteinmauerwerk ist, dass alle Schichten in gleicher Stärke durchlaufen. Die Schichten werden dabei entweder durchgängig gleich hoch (ca. 20 cm) oder verschieden hoch gehalten. Im ersten Falle werden die Schichten

74.
Steinmaterial.

75.
Mauerwerks-
arten.

76.
Mauerwerk
aus
Schichtsteinen.

³⁵⁾ Ausführlicheres über die Eckbildungen von Quadermauern siehe in: RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinschnitts. Berlin 1844.

³⁶⁾ D. h. es darf das Gewicht derselben nicht grösser sein, als dass sie noch von 1, höchstens 2 Maurern mit den Händen veretzt werden können.

³⁷⁾ Siehe auch Teil I, Band 1, erste Hälfte (Fussnote 6 auf S. 67 [2. Aufl.: Fussnote 22 auf S. 84]) dieses Handbuchs.

Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

in der Regel nur äußerlich mit regelmäßig bearbeiteten Schichtsteinen (im westlichen Deutschland nach dem Französischen *moellons* genannt) verkleidet und im Inneren aus Füllsteinen gebildet, während es im zweiten Falle ohne wesentlich höheren Kostenaufwand möglich ist, die Schichten durchweg aus lauter Schichtsteinen herzustellen. Diese letztere Art des Mauerwerkes ist im Inneren und Aeußeren ganz gleichartig gebildet (nur die Stirnseiten erhalten oft feinere Bearbeitung), und ein regelrechter Verband ist bei derselben durchführbar. Es steht ein solches Mauerwerk bei entsprechendem Material an Güte kaum hinter dem Backstein- und Quadermauerwerk zurück.

Werden Füllsteine (mehr oder weniger unregelmäßige Stücke) im Inneren zur Anwendung gebracht, so ist zur Erzielung eines leidlichen Verbandes die Verwendung von möglichst vielen Bindern notwendig. Auf zwei Läufer in der Front soll mindestens ein Binder kommen. Die Länge der Steine darf das Drei- bis Fünffache der Höhe nicht übersteigen; als Mindestmaß der Höhe ist 10 cm anzusehen. Die Ueberbindung der Steine soll mindestens 8 bis 10 cm betragen.

77.
Mauerwerk
mit abgesetzten
Schichten.

Vom Schichtsteinmauerwerk unterscheidet sich das Mauerwerk mit abgesetzten Schichten dadurch, daß die entweder von Natur lagerhaften oder lagerrecht bearbeiteten Bruchsteine nicht in durchgehenden Schichten vermauert, sondern je nach ihrer Höhe so zusammengesetzt werden, daß manchmal 3 Schichten in 2 oder 2 Schichten in 1 übergehen (d. f. die abgesetzten Schichten). Hohlräume in den Fugen sind mit Schiefeln oder Steinsplittern (Zwickern) auszufüllen.

Ofters ist eine wagrechte Abgleichung herbeizuführen, so daß etwa alle 1 bis 1 $\frac{1}{4}$ m eine Lagerfuge durch die ganze Mauer hindurchläuft. Auch sind bei geringeren Mauerstärken in Abständen von 1,5 bis 1,8 m Durchbinder anzuordnen. Gleichförmiges Setzen des Mauerwerkes erzielt man durch gleichmäßige Verteilung der größeren Steine und dadurch, daß man an denjenigen Stellen, wo mehrere weniger dicke Steine übereinander folgen, den Mörtel in den Lagerfugen dünner aufträgt.

78.
Ordinäres
Bruchstein-
mauerwerk.

Mauerwerk aus ganz unregelmäßigen Bruchsteinen oder Feldsteinen nennt man ordinäres Bruchstein- oder Feldsteinmauerwerk. Es werden die Steine so gut, als möglich, aneinander gepafst; auf eine Deckung der Stosfugen wird Rücksicht genommen, wo möglich alle Steine auf die Breitseite und als Binder verlegt und auch das Innere aus möglichst großen Steinen hergestellt, kleine Stücke nur zum Füllen von Höhlungen zwischen den großen verwendet. Zu den Ecken nimmt man die größten und lagerhaftesten Steine. In vielen Fällen, namentlich bei den rundlichen Feldsteinen, muß man die Ecken aus besserem Material herstellen. In Höhenabständen von 1,5 bis 2,0 m ist das Mauerwerk wagrecht, auch wieder mit möglichst großen Stücken, abzugleichen (Mauerung in Bänken). Die Festigkeit der Mauern gewinnt sehr, wenn man an diesen Stellen einige Schichten aus regelmäßigem Material (3 bis 4 Backsteinschichten oder mehrere Schichten aus lagerhaften Steinen) einschaltet.

Zum ordinären Bruchsteinmauerwerk sind auch das Mauerwerk aus Flussschieben und das aus Kiefeln beizuzählen.

79.
Cyklopen-
Verband.

Der Cyklopenverband wird, wie das ordinäre Bruchsteinmauerwerk, aus ganz unregelmäßigen Stücken hergestellt; nur sind diese Stücke oft von sehr bedeutender Größe, und es werden dieselben gewöhnlich ohne Mörtel vermauert. Die Steine werden nur wenig zugerichtet, möglichst gut zusammengepaßt und die Höhlungen zwischen denselben mit kleineren Stücken sorgfältig ausgefüllt.

Der Polygonverband ist nur eine Verfeinerung des Cyklopenverbandes. Die Steinstücke werden an den Fugenflächen so bearbeitet, daß sie überall scharf aneinander passen. Erhalten dabei die Steine durchgängig eine gleiche oder rhythmisch wiederkehrende regelmässige Form, so ergibt sich der zierliche, aber sehr teure Mosaikverband. Der Polygonverband kommt naturgemäss am zweckmässigsten für die krySTALLINISCHEN Steine zur Verwendung; doch liefert besonders der Basalt infolge seines Vorkommens in Säulen von vieleckigem Querschnitt ein leicht herzustellendes gutes Polygonmauerwerk.

80.
Polygon-
und Mosaik-
verband.

Da bei den Bruchsteinmauerwerken der Mörtel gewöhnlich eine grosse Rolle spielt, sogar mit Zementmörtel ein vorzügliches Mauerwerk aus ganz unregelmässigen Steinen sich herstellen läßt, weil ferner zur Vermehrung der Festigkeit der Mauern dabei oft gemischte Materialien zur Verwendung gelangen, so erscheint es zweckmässig, die eingehendere Besprechung auf das nächste Heft (Abt. III, Abchn. 1, A) dieses »Handbuches« zu verschieben.

d) Verbände für Mauern aus gemischtem Mauerwerk.

Man hat es mit gemischtem Mauerwerk zu thun, entweder wenn einzelne lotrechte Abschnitte der Mauern aus anderem Material hergestellt werden, als der grössere Teil der Längenerstreckung, oder wenn die Mauer der ganzen Länge und Höhe nach aus parallel nebeneinander fortlaufenden Teilen von verschiedenem Material besteht.

81.
Verschieden-
heit.

Die zuerst angeführte Anordnungsweise wird getroffen, wenn die Mauer an einzelnen Stellen fester konstruiert werden soll, als dies mit dem in ihrem Hauptteile zu verwendenden Material möglich ist, wie dazu namentlich die Ecken von Bruchsteinmauern Veranlassung geben. Wird aus konstruktiven, wirtschaftlichen oder ästhetischen Gründen die Mauer ausser an den Ecken noch an anderen Stellen durch lotrechte Streifen von anderem Material in Abteilungen zerlegt, so ergibt sich eine Konstruktion, die eine gewisse Aehnlichkeit mit den Holz- und Eisenschwächen zeigt, aber auch zum Teile deren Mängel aufweist. Diese Aehnlichkeit wird noch grösser, wenn die lotrechten Streifen durch wagrechte Schichten von regelmässigen Steinen miteinander verbunden sind.

Man kann daher diese Konstruktionsweise als Steinfachwerk bezeichnen.

Die zweite Ausführungsweise wird gewählt, wenn ein Material von geringer Witterungsbeständigkeit zu schützen ist, oder wenn das Aussehen eines Mauerwerkes verbessert werden soll, oder wenn Aussenflächen von besonders grosser Widerstandsfähigkeit gegen mechanische, chemische oder physikalische Einflüsse erforderlich werden. Es handelt sich also in der Regel um die Verkleidung oder Verblendung eines geringeren Materiales mit einem besseren. Damit ist gewöhnlich eine nicht unwesentliche Kostenersparnis verknüpft, wegen deren wohl alle Monumentalbauten der Neuzeit nicht in gleichförmigem, sondern in gemischtem Material ausgeführt werden. Als übliche Zusammenstellungen sind anzuführen: Mauerwerk von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Verblendung oder Vertäfelung von irgend einem Haufstein oder kostbarerem Gestein, wie Marmor, Serpentin u. a. m., oder Verkleidung eines eben solchen Mauerwerkes mit Verblendsteinen, Klinkern oder mit feineren Thonwaren, als Terrakotta, Majolika, Fayence u. dergl.

Beide Ausführungsweisen, das Steinfachwerk sowohl, als auch die Mauerblendung führen ähnliche Nachteile mit sich, die im nachfolgenden noch zu erörtern

fein werden. Im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A) dieses »Handbuches« wird Gelegenheit sein, die Anwendung und Ausführung der gemischten Mauerwerke ausführlich zu besprechen, weswegen wir uns hier auf die Behandlung der hierher gehörigen Verbandanordnungen zu beschränken haben.

82.
Allgemeines
über
Verblendungen.

Wir beschäftigen uns zunächst mit den Mauerverblendungen, und zwar nur mit denjenigen Fällen, in denen die Verblendung eines Mauerkernes von Backsteinen, Bruchsteinen oder Beton mit Quadern oder eines Mauerkernes von ordinären Bruchsteinen oder Beton mit Backsteinen erforderlich wird.

Obgleich bei allen gemischten Mauerwerken die gewöhnlichen Verbandregeln zu befolgen sind, so ist doch noch auf einen besonderen Umstand Rücksicht zu nehmen; es ist dies die ungleichmäßige Zusammenfassung des Mauerkörpers. Diese führt zu einer verschiedenen Zahl von Lagerfugen im äusseren und inneren Teile und bedingt dadurch in demselben ungleich große Zusammenpressung des Mörtels, also ungleichmäßiges Setzen. Trotz angewandeter Vorsicht ist das Ergebnis davon, dass der eine Teil dem anderen beim Setzen nicht zu folgen vermag und dass Längspaltungen eintreten. Der äussere Teil, die Verblendung, ist in der Regel der schwächere. Kommt dann dazu, was sehr häufig der Fall ist, dass er weniger Lagerfugen, als der Kern hat, und besitzt er dabei nicht die der Belastung entsprechende Knickfestigkeit, so ergeben sich zunächst Ausbauchungen und dann Einsturz der Verblendung. Aehnliche Gefahren können auch infolge unüberlegter Verwendung von Mörteln von verschiedenen Eigenschaften im Mauerkern und in der Verblendung eintreten. Es wird also bei gemischten Mauerwerken, abgesehen davon, dass die Gesamtdicke aller Lagerfugen in beiden Teilen möglichst gleich zu halten und wo möglich ein nicht schwindender Mörtel zu verwenden ist, darauf ankommen, das Entstehen von Längspaltungen durch eine möglichst innige Verbindung der Verblendung mit dem Mauerkern zu verhindern. Dies wird durch Anordnung von entsprechend vielen, in den Kern eingreifenden Bindern in der Verblendung erreicht. Die Möglichkeit der Anwendung sehr vieler Binder gewährt besonders der holländische Verband, der denn auch für die Verblendungen mitunter zur Verwendung gelangt. Wegen der vielen Binder wird derselbe aber oft zu kostspielig befunden, und man begnügt sich daher gewöhnlich mit der Verwendung des Block- oder Kreuzverbandes, sowie besonders mit dem polnischen Verband oder Abänderungen desselben. Auch kann nicht unter allen Umständen eine sehr große Zahl von Bindern als zweckmässig bezeichnet werden, worauf im nächstfolgenden Hefte (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 1) dieses »Handbuches« zurückgekommen werden wird.

Ausser den erwähnten Vorsichtsmaassregeln wird noch gewöhnlich die in Anwendung gebracht, ein gemischtes Mauerwerk stärker zu machen, als ein gleichförmig regelmässiges. Häufig hält man den Mauerkern so stark, dass er für sich allein der gegebenen Beanspruchung genügen würde.

Die Festigkeit der gemischten Mauerkörper wird wesentlich vergrößert, wenn man in Zwischenräumen Schichten von regelmässigem Material ganz durchgehen lässt, wie dies auch für ordinäres Bruchsteinmauerwerk empfohlen wurde (siehe Art. 78, S. 66).

83.
Quader-
verblendung.

Ausser durch Anordnung einer genügenden Anzahl eingreifender Binder ist zwischen der Quaderverblendung und einem aus regelmässigen Steinen bestehenden Mauerkern eine innige Verbindung nur dann zu erzielen, wenn eine Schicht der Verblendung einer Anzahl von Schichten der Hintermauerung genau entspricht, so

dafs also alle Lagerfugen der Verblendung wagrecht durch den ganzen Mauerkörper hindurchgehen. Bei Hintermauerung mit nur lagerhaften oder ordinären Bruchsteinen ist Aehnliches anzustreben. Von dieser Regel werden sich allerdings sowohl bei den zuletzt erwähnten Materialien, als auch bei den Backsteinen, in Folge der architektonischen Anordnung der Maueransichtsflächen, mitunter Abweichungen nötig machen.

Die Quaderverblendungen können entweder auf beiden Seiten der Mauer vorhanden sein oder nur auf einer; sie können entweder aus vollständigen Quadern oder nur aus Platten bestehen.

Ist die Quaderverblendung auf beiden Hauptern der Mauern auszuführen, so werden die Verbandanordnungen anwendbar, wie wir sie bei den Hohlmauern aus Backsteinen als Kästelverbände kennen gelernt haben (siehe Fig. 147 bis 151, S. 53). Die Festigkeit solcher Mauern wird besonders groß, wenn die Mauerdicke und die Steinlängen es gestatten, die Binder als Durchbinder oder Ankersteine durch die ganze Mauer hindurchreichen zu lassen (Fig. 197). Vermehrt kann die Festigkeit noch werden, wenn eines der im 3. Kapitel zu besprechenden künstlichen Verbindungsmittel in Anwendung gebracht wird. Diese letzteren gebraucht man auch mit demselben Nutzen, wenn Ankersteine durch aneinander zu stoßende kleinere Stücke ersetzt werden müssen, oder wenn die Binder nur bis zur gegenüber liegenden Läuferreihe reichen.

Wird eine Quaderverblendung nur an einem Mauerhaupte ausgeführt, so wird man, je nach den Mitteln oder Umständen, mehr oder weniger Binder in Anwendung bringen. Als genügend fest betrachtet man in der Regel einen Verband, bei welchem

Fig. 197.

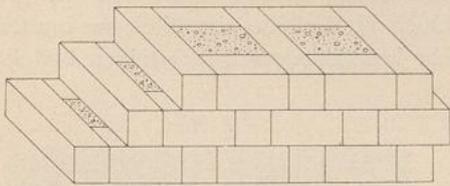


Fig. 198.

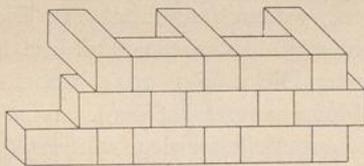


Fig. 199.

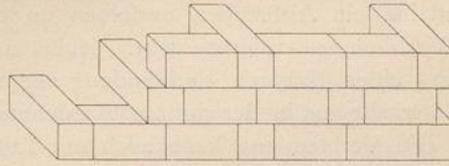
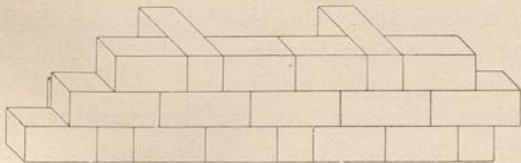


Fig. 200.



in jeder Schicht der Verblendung zwischen zwei Läufern ein Binder liegt, also den polnischen Verband (Fig. 198). Verbände von geringerer Festigkeit zeigen in absteigender Linie Fig. 199 u. 200³⁸⁾. Für Verblendungen mit Haufsteinplatten empfiehlt sich besonders der in Fig. 201 u. 202 dargestellte Verband. Die Lage der Binder kann auch bei diesen Anordnungen durch künstliche Verbindungsmittel gesichert werden.

³⁸⁾ Die Römer bedienten sich insbesondere des in Fig. 200 dargestellten Verbandes und haben mit demselben vortreffliche Ergebnisse erzielt.

Fig. 201.

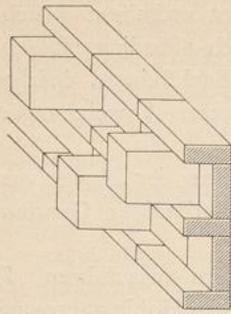


Fig. 202.

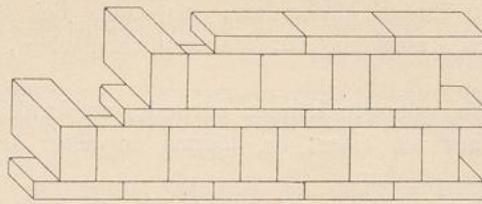
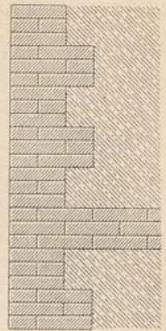


Fig. 203.



84.
Verblendung
mit
Backsteinen.

Erhalten die Mauern bei geringeren Stärken auf beiden Seiten Verblendung mit Backsteinen, so eignen sich ebenfalls die Anordnungen des Kästelmauerwerkes. Bei grösseren Mauerstärken und einseitiger Verblendung kommt namentlich der polnische Verband zur Anwendung (Fig. 204). Doch ist derselbe eigentlich nur brauchbar, wenn der Mauerkerne aus Beton oder sehr kleinstückigen Bruchsteinen besteht.

Fig. 204.

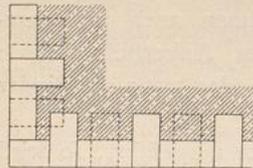


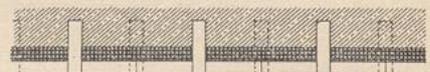
Fig. 205.



Fig. 206.



Fig. 207.



Bei grösseren Bruchsteinen ist eine gleichmässige Auflagerung der eingreifenden Binderköpfe nur schwer herbeizuführen und deshalb bei der geringen Dicke der Backsteine ein Abbrechen derselben zu befürchten, wodurch natürlich der Zweck der Verbindung verloren geht. Mehr zu empfehlen ist für diesen Fall die Herstellung einer stärkeren Verblendung von wechselnder Dicke (Fig. 203), wobei also eine Verzahnung in der ganzen Ausdehnung der Mauer ausgeführt wird.

Die Verblendung kann auch mit Luftschicht hergestellt werden, wie Fig. 205 bis 207 zeigen. Bei Backsteinrohbauten empfiehlt sich für die $\frac{1}{2}$ Stein starke Verblendung mit Luftschicht der Binderverband (Fig. 205). Fig. 207 stellt eine Verblendung mit hochkantig gestellten Steinen dar. Die Verblendung von Backsteinmauern mit feinen Verblendsteinen wird im nächstfolgenden Heft (Abt. III Abchn. 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches« behandelt werden.

85.
Stein-
fachwerk.

Das Steinfachwerk leidet an demselben Uebelstand wie die Mauerverblendung, dem nämlich, dass sich die verschieden gebildeten Teile ungleich setzen und sich voneinander trennen können. Man sucht diesem Nachteil in der Regel durch eine Verzahnung zu begegnen; doch ist darauf zu sehen, dass die Zähne keine zu geringe Höhe und keine zu grosse Länge erhalten, weil sie sonst leicht abbrechen. Ferner ist bei den Verzahnungen ebenfalls wieder, wie bei den Verblendungen, streng darauf zu achten, dass die Lagerfugen der grösseren Steine in der ganzen Mauer fortlaufen, was allerdings nur bei regelmässigem oder lagerhaftem Mauermaterial erreichbar ist.

Fig. 208.

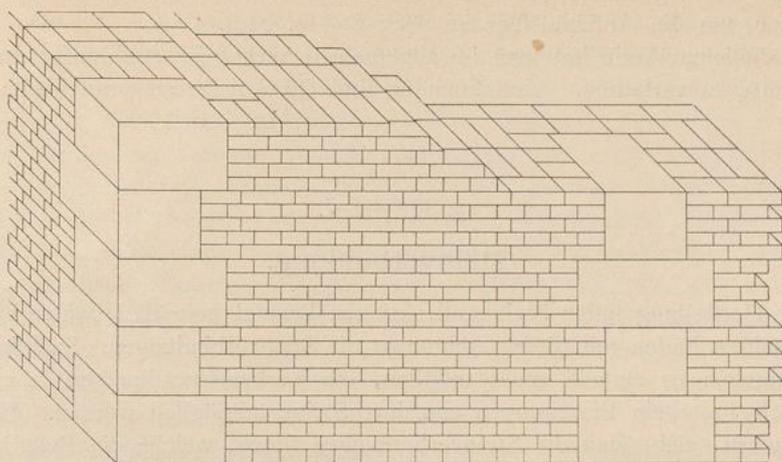


Fig. 209.

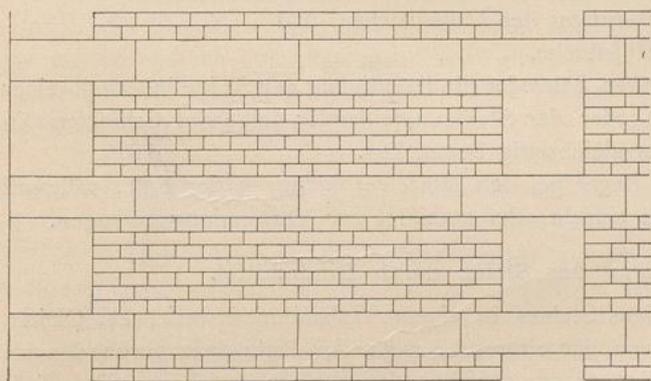
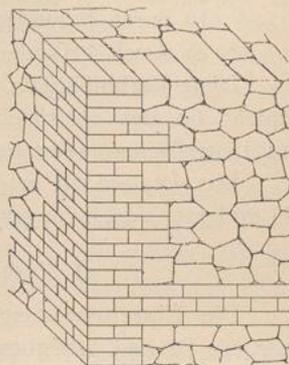


Fig. 210.



(Fig. 208 u. 209). Bei ganz unregelmäßigen Bruchsteinen ist eine abtatzweise Ausgleichung einzuführen und dann die schon erwähnte, den Abtätzen entsprechende Durchführung von Schichten aus regelmäßigem Material von Vorteil (Fig. 210).

Fig. 211.

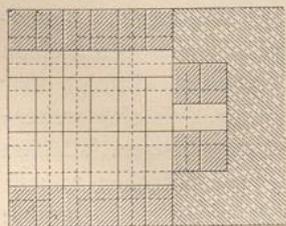
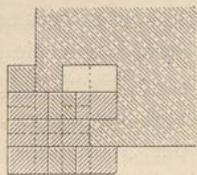


Fig. 212.



Bei Backsteinen darf die Verzahnung niemals nur eine Schicht stark werden, sondern muß stets aus mehreren Schichten bestehen. Trotzdem werden sich bei hohen Mauern, namentlich wenn dieselben nicht in die erwähnten Höhenabteilungen zerlegt sind, Trennungen zwischen den ver-

schiedenen Teilen ergeben, auch wohl die Verzahnungen abgesprengt werden. Deswegen sieht man in solchen

Fällen wohl auch von den Verzahnungen ganz ab und läßt die Mauerteile in lotrechten Nuten ineinander greifen, so daß sich dieselben unabhängig bewegen können. Es ist dies allerdings nur bei dicken Mauern ausführbar (Fig. 211); auch

folten die aus regelmässigerem Material hergestellten Abschnitte vor den anderen vorspringen, um die Anschlussfuge zu decken (Fig. 212).

In ähnlicher Weise hat man im allgemeinen auch beim Anschluß neuer Mauerteile an alte zu verfahren. Verzahnungen sind dabei nicht zu empfehlen.

3. Kapitel.

Steinverbindung.

Zur Herstellung fester Steinkonstruktionen benutzt man die Steinverbände und in den meisten Fällen mit diesen zusammen die Steinverbindungen. Sachliche Rücksichten machen es zumeist nicht möglich, die Verbandanordnungen so zu treffen, daß durch sie allein Bewegungen einzelner Steine unmöglich werden. Um solche zu verhindern, zieht man die Steinverbindungen hinzu, welche die Befestigung der Steine untereinander bezwecken. Diese Befestigung kann, wie schon im 1. Kapitel angeführt wurde, auf dreierlei Weise erfolgen, und zwar:

- a) durch Verbindung mittels der fog. Bindemittel (Mörtel etc.);
- b) durch besondere Formung der Fugenflächen, und
- c) durch besondere Hilfsstücke.

Diese Verbindungen können entweder die Befestigung der Steine innerhalb einer Schicht (in den Stofsflächen) oder der Steine aufeinander folgender Schichten (in den Lagerflächen) oder beides gleichzeitig bezwecken.

Das letztere ist in der Regel bei den Mörtelverbindungen der Fall, während die anderen Verbindungsarten einzeln oder vereinigt zur Verwendung gelangen.

a) Verbindung der Steine durch Bindemittel.

86.
Aufgabe
der
Bindemittel.

Die Einzelbewegung eines Steines in einem Verbandmauerwerk, ein Gleiten oder ein Drehen desselben kann nur eintreten, wenn der Platz dazu vorhanden ist. Dieser Platz ist durch den Fugenraum zwischen den Steinen gegeben. Sind diese Zwischenräume sehr klein, die Fugen sehr eng (scharf), was bei sorgfältiger Bearbeitung oder Herstellung der Steine möglich ist, so wird die Bewegung eines Steines unabhängig von seinen Nachbarn nur sehr gering ausfallen können. Sie wird aber ganz verhindert, auch bei größeren Zwischenräumen, wenn dieselben mit einem Stoff von geeigneter Beschaffenheit ausgefüllt werden. Solche Stoffe sind die fog. Bindemittel, durch welche also zunächst die Unverrückbarkeit der Steine erzielt wird, woraus eine Erhöhung der Festigkeit des Verbandmauerwerkes sich ergibt. Unverrückbarkeit würde allerdings schon eintreten, wenn die Fugen zwischen den Steinen nur an einzelnen Stellen durch feste Körper scharf ausgefüllt werden. Erfolgt aber die Ausfüllung in der ganzen Ausdehnung der Fugen, so ergibt sich eine weitere Erhöhung der Festigkeit der Lagerung der Steine durch die vergrößerte Adhäsion zwischen den Steinflächen, da diese mit der Grösse der Berührungsflächen wächst. Es folgt daraus aber auch, daß es unbedingt zweckmässig ist, nicht bloß einzelne Fugen, sondern alle Fugen, und zwar vollständig zu füllen. Dazu gehört aber, daß das Bindemittel sich leicht in die Fugen bringen läßt, und anfänglich weich ist, damit es sich an alle Unebenheiten der Steine eng anschließen könne. Dadurch erhält man zugleich einen ferneren Vorteil für die Konstruktion, nämlich den einer

gleichmäßigen Druckverteilung in derselben, die nicht mehr nur durch einzelne vor-
springende Punkte vermittelt wird, sondern in der ganzen Ausdehnung der Lager-
flächen stattfindet. Es muß dabei das Bindemittel indes der Bedingung Genüge leisten,
daß es, einmal zusammengedrückt, sich nicht noch weiter zusammendrücken läßt.

Den bisher erwähnten Eigenschaften, die von einem für die Füllung von Fugen
geeigneten Bindemittel verlangt werden müssen, genügen außer den Mörteln auch
Moos und einige Erdarten, welche letzteren Stoffe denn auch in dem angedeuteten
Sinne bei den sog. Trocken- oder Feldmauern Verwendung finden.

Viele Bindemittel, die sog. Mörtel, besitzen indess noch eine weitere sehr
wertvolle Eigenschaft, nämlich die, aus einem weichen, halb flüssigen Zustande in
einen starren überzugehen und dabei fest an den Steinflächen zu haften, so daß ein
Zusammenkitten der Steine erfolgt. Es sind dies die Bindemittel im wahren Sinne
des Wortes, über welche schon in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. I, Abschn. 1,
Kap. 3) dieses »Handbuches« das Nötige mitgeteilt worden ist, und die dort in
chemische und mechanische Mörtel eingeteilt wurden. Die Mauerwerke, welche mit
Hilfe der chemischen Mörtel (Kalk-, Zement-, Gipsmörtel) hergestellt werden, nennt
man im gewöhnlichen Leben gemörtelte oder gespeifte³⁹⁾ Mauern.

Die mechanischen Mörtel (Lehm, Schamotte, Kite, Asphalt, Schwefel, ge-
schmolzenes Blei, Lote etc.) haben eine mehr untergeordnete Bedeutung und finden
nur aus besonderen Veranlassungen Verwendung. Auch bei den chemischen Mörteln
ergibt sich fast immer nur eine mechanische Verbindung mit den Steinflächen, durch
Adhäsion und Eindringen in die Poren.

Auf die weitere Bedeutung vieler Mörtel als Mittel zur Dichtung der Fugen
gegen das Eindringen von Feuchtigkeit sei hier nur vorläufig hingewiesen. Ebenso
ist es hier nicht am Platze, auf das Besondere der Anwendung der verschiedenen
Mörtel bei den verschiedenen Steimaterialien (auf das Mauern) einzugehen; dagegen
müssen schon hier die für alle Materialien gültigen Grundätze der Anwendung er-
örtert werden.

Die chemischen Mörtel, wenigstens die Kalk- und die Zementmörtel, werden
in der Regel mit einem Zusatz von Sand oder einem anderen Füllstoff bereitet.
Beim Zement wird der Sand der Ersparnis, der sicheren und leichteren Verwendung
wegen zugesetzt; beim Kalk ist er notwendig, um im Mörtel die genügende Porosität
für das Eindringen der atmosphärischen Luft und damit ausreichende Säuerung des
Aetzkalkes mit Kohlenäure, möglichst vollständige Umbildung des Aetzkalkes in
kohlenfauren Kalk zu erzielen. Auch ist der Sandzusatz nötig, um genügende feste
Körperflächen zu haben, an welche der sich bildende kohlenfaure Kalk sich fest an-
legen kann. Ohne Sandzusatz wirkt der Kalkteig nur druckausgleichend zwischen
den Steinen.

Die Menge Bindestoff, welche dem Sande zur Mörtelbildung zuzusetzen ist,
entspricht der Menge von Flüssigkeit, die vom Sand unter gewöhnlichen Verhält-
nissen kapillar zurückgehalten werden kann. Es ist dies ein Mindestmaß des Kalk-
zusatzes, welches aber bei ungenügendem Luftzutritt für raschere Verfestigung des
Mörtels günstiger wirken kann, als ein reichlicherer Zusatz⁴⁰⁾. Im allgemeinen ist
aber zur Erzielung größter Festigkeit vollkommene Füllung aller Zwischenräume zu

³⁹⁾ Die Bezeichnung »Mauerpeife« oder »Speifs« wird vielfach für Mörtel verwendet.

⁴⁰⁾ Siehe: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung des Kalkmörtels. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-
Vereins 1881, S. 68.

87.
Grundsatz
für chemische
Mörtel.

verlangen. Dies gilt auch vom Beton, bei dessen groben Füllmassen übrigens die Kapillarität zwischen denselben nur sehr gering sein kann. Man hat daher zur Herstellung eines guten Betons alle Steinbrocken desselben vollständig mit Bindestoff zu umhüllen; ein Mehr würde nicht nützlich sein. Alle Zwischenräume sollen eben nur ausgefüllt werden, was allerdings wegen der Körperlichkeit des Bindestoffes einen Ueberschuss an folchem über die gemessene Summe der Zwischenräume der Steinbrocken ohne Bindestoff verlangt.

Derselbe Grundsatz ist auch für die Bildung von Mörtelmauerwerk aufzustellen; nur dass bei diesem selbstverständlich die Mauerhäupter von der Benetzung mit Mörtel auszuschliessen sind. Ein so hergestelltes Mauerwerk nennt man scharf gemauert. Die Menge des notwendigen Mörtels ergibt sich dann als Summe der Zwischenräume, der Fugen, für welche das zulässig geringste Mass anzunehmen ist. Dieses geringste zulässige Mass, die Fugendicke, ist aber von der Beschaffenheit der Fugenflächen und des Mörtels abhängig.

88.
Fugendicke.

Je ebener die Fugenflächen und je feinkörniger der Füllstoff des Mörtels sind, um so enger wird man die Fugen machen können. Beides hat aber seine untere Grenze, da durch Uebertreibung der Wirksamkeit des Mörtels geschadet werden kann. An glatten Flächen haftet der Mörtel meistens schlechter, als an etwas rauhen; staubartiger Sand ist für die Mörtelbereitung untauglich; er soll immer ein gut fühlbares, scharfkantiges Korn besitzen.

Die Dicke der Fugen ist auch von der Gestalt der Steine und der Art des Steinmaterials abhängig. Ebenso wird man zwischen Lagerfugen und Stosfugen einen Unterschied machen können.

Bei der Massbestimmung der Mauerziegel wird auf die Dicke der Fugen schon Rücksicht genommen; so ist beim deutschen Normal-Ziegelformat (siehe Art. 21, S. 20) die Dicke der Stosfugen auf 10 mm festgesetzt, während die der Lagerfugen in der Regel etwas stärker angenommen werden muss, nämlich zu ca. 12 mm, wobei dann auf 1 m Höhe 13 Schichten kommen. Abgesehen von der dadurch erzielten Bequemlichkeit für die Massenberechnung ist die grössere Lagerfugendicke häufig deswegen notwendig, weil die Steine gewöhnlich etwas verschieden dick und öfters etwas über 65 mm stark sind, und man daher einigen Spielraum braucht, um die Oberkante der Steine in eine Wagrechte bringen zu können. Bei den sorgfältig zubereiteten Verblendsteinen und feinsandigem Mörtel wird man dagegen bis zu 6 bis 8 mm herabgehen dürfen, während als oberste Grenze für ordinäre Backsteine 15 mm anzunehmen wäre. Bei einer dicken Fuge wird wohl eine gleichmässige Druckverteilung zu erwarten sein, aber auch ein starkes Setzen des Mauerwerkes durch Zusammenpressen und Schwinden des Mörtels. Wenn die Römer bei ihren Ziegelbauten Fugen von 25 bis 50 mm Dicke anwendeten, so war dies wohl nur infolge ihres rasch bindenden Puzzolanmörtels zulässig.

Auch bei Mauerwerken aus bearbeiteten natürlichen Steinen ist bei Feststellung der Masse auf die Fugendicke Rücksicht zu nehmen, wenigstens auf die der Lagerfugen, die der gleichmässigen Druckverteilung wegen bei Verwendung von Mörtel nicht unter 5 bis 6 mm dick zu machen sind, sonst aber auch nicht über 12 mm. Die Stosfugendicke sucht man im allgemeinen möglichst knapp zu halten und kann dann, wenn man dieselben nach innen zu sich etwas erweitern lässt, bis zu 3 mm im Haupt herabgehen.

Bei Mauerwerk aus unregelmässigen Bruchsteinen ist selbstredend die Fugen-

dicke von der Form der Steine abhängig; doch dürfte hier, wie bei den Ziegeln, ebenfalls eine obere Grenze von 15^{mm} festzuhalten sein. Größere Höhlungen sind mit Zwickern auszufüllen.

Mit einem Mörtel wird sich nur dann die beabsichtigte Wirkung vollkommen erzielen lassen, wenn gewisse Vorichtsmafsregeln bei der Verwendung beobachtet werden. Dahin gehören Reinigen der Steinflächen, Näffen mancher Steinarten, Nichtstören des Abbindens des Mörtels und Verwendung von frischem Mörtel.

89.
Vorichts-
mafsregeln.

Vollkommene Adhäsion zwischen Mörtel und Stein kann nur eintreten, wenn keine fremden Körper zwischen ihnen sich befinden, an welche der Mörtel sich anlegen kann. Solche, wie Staub, Verunreinigungen mit Erde etc., sind daher stets vor dem Vermauern von den Steinen zu entfernen, am vollständigsten durch Wegschwemmen mit Wasser.

Dadurch wird zugleich bei vielen Steinen etwas anderes, ebenso Wichtiges erreicht, nämlich ein gewisser Feuchtigkeitsgrad der Steine, welcher bewirkt, daß dem Mörtel nicht zu rasch sein Wassergehalt entzogen wird; denn der Erhärtungsvorgang eines chemischen Mörtels kann nur dann genügend stattfinden, wenn derselbe einige Zeit eine ausreichende Feuchtigkeit behält. Bei porigen oder thonhaltigen Steinen, sowie bei Mauerziegeln, wenn sie nicht sehr scharf gebrannt sind, ist das erwähnte Annäffen der Entfernung des Staubes wegen noch nicht ausreichend; sondern es wird bei ihnen eine stärkere Durchfeuchtung durch Begießen oder Eintauchen notwendig. Dagegen kann bei dichten Steinen und Klinkern ein stärkeres Annäffen schädlich sein.

Sind die Steine einmal in ihr Mörtelbett gelegt, so dürfen sie nicht wieder verrückt oder erschüttert werden, weil der Mörtel nur einmal abbindet, was in Berührung mit dem Stein in dünner Schicht ziemlich rasch vor sich geht. Ein zweites Mal gehen die meisten Mörtel mit dem Stein keine Verbindung ein. Man muß sich daher bestreben, die Steine rasch in die richtige Lage zu bringen und sie in dieser zu belassen. Deshalb ist auch das manchen Orts beliebte Zurichten der Schichtsteine oder Bruchsteine auf der Mauer entschieden verwerflich. Eben deshalb ist es auch schwierig, bei Mauern aus schweren, mühsam verletzbaren Quadern eine wirkliche Mörtelverbindung zu erzielen, und man hat daher bei diesen den Mörtel mehr als Füllmaterial für die Fugen zu betrachten.

Wünscht man eine feste Mörtelverbindung, so ist es aus dem eben angegebenen Grunde unbedingt notwendig, dann, wenn man gezwungen ist, einen schon verletzten Stein wieder zu verrücken oder aufzuheben, den früheren Mörtel sorgfältig zu beseitigen und durch neuen zu ersetzen. Wegen des raschen Abbindens der chemischen Mörtel, namentlich der Zemente und des Gipses, darf man auch nur verhältnismäßig geringe Mengen auf einmal zubereiten, d. h. nur so viel, als man in der Zeit vom Anmachen bis zum vollendeten Abbinden zu verwenden im Stande ist. Es gilt dies auch für die Kalkmörtel, die man deswegen nicht über Nacht unverwendet und, wenn dies nicht zu umgehen ist, wenigstens nicht ohne gewisse Schutzmafsregeln stehen lassen sollte.

Ueber diese Dinge, über die Eigenschaften, die ein guter Mörtel haben soll, über die verschiedenen Arten und die Zubereitung derselben findet sich das Nähere in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. I) dieses »Handbuches«. Es mag jedoch hier noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß aufsergewöhnliche Lufttemperaturen die Mörtelverbindung eines Mauerwerkes wesentlich stören können. In heißer

90.
Schädigung
durch Hitze
und Frost.

Witterung hergestelltes Mauerwerk, namentlich von dünnen Wänden, sowie schnell künstlich getrocknetes Gemäuer erhält nur geringe Festigkeit, infolge zu rascher Entziehung der Feuchtigkeit oder infolge zu rascher Erhärtung der äusseren Mörtelteile und dadurch herbeigeführter Minderung der Porosität⁴¹⁾. Frost wird die Entwicklung einer Mörtelverbindung ganz zerstören oder wenigstens verzögern⁴²⁾.

Wo Bauausführungen bei Frostwetter nicht zu umgehen sind, muss man besondere Massregeln treffen, die aber entsprechende Kostenvermehrung verursachen⁴³⁾.

91.
Festigkeit von
Mörtel-
mauerwerk.

Je gleichartiger ein Stoff in seinem Gefüge ist, um so grössere Festigkeit wird er verhältnismässig besitzen. Ein Mauerwerk ist nun keine einheitliche Masse, da die einzelnen Stücke desselben durch die Fugen getrennt werden. Durch das Ausfüllen der Fugen mit Mörtel wird nun allerdings eine grössere Gleichmässigkeit erzielt; aber immerhin ist ohne weiteres anzunehmen, dass ein solches Mauerwerk weniger fest sein wird, als der einzelne Stein für sich. Im Mauerwerk haben wir eine Verbindung von Körpern verschiedener Festigkeit, in welcher die Druckverteilung ungleichmässiger ist, als in den Steinen und dem Mörtel für sich allein. Es wird dies durch die Erfahrung bestätigt.

Böhme sagt hierüber⁴⁴⁾: »Namentlich werden — wenn das Bindematerial härter als der Stein ist — die Stofsugen die Zerstörer sein, indem der darauf liegende Stein nicht zerdrückt wird, sondern zerbricht. Ist aber das Bindemittel weniger fest, so wird an den Stellen, wo der Mörtel in grosser Menge vorhanden ist (z. B. in den Stofsugen), derselbe früher zerstört werden als der Stein; der Druck geht alsdann auf eine kleinere Fläche über, beansprucht also die Flächeneinheit höher, und die übrigen Steine werden dadurch ebenfalls schneller zerstört werden müssen. — Stellt man dagegen einen Mauerklotz her, der aus genau bearbeiteten Steinen in gutem Zementmörtel ohne Verband (frei von Stofsugen) gemauert ist, so ergeben sich bedeutend günstigere Resultate; ja es ist sogar vorgekommen, dass ein solcher Mauerklotz mehr Widerstandsfähigkeit lieferte, als ein einziger Stein von der Gattung, aus welcher der Mauerklotz hergestellt war.«

Verbandmauerwerk ist nun ohne Stofsugen nicht herstellbar (höchstens bei schwachen Haufteinfelern), so dass die Versuche, welche mit Mauerklötzen angestellt wurden, die nur Lagerfugen hatten, für die Praxis eigentlich keine Bedeutung haben. Leider ist die Untersuchung von grösseren Mauerkörpern aus Verbandmauerwerk mit grossen Schwierigkeiten verknüpft, so dass solche bis jetzt wenig ausgeführt worden sind. Für Mauerziegel liegt jedoch eine von *Böhme* mitgeteilte längere Versuchsreihe vor⁴⁵⁾. Von derselben sollen hier die Schlussergebnisse mitgeteilt werden, aus welchen der wesentliche Einfluss des Mörtels auf die Festigkeit des Mauerwerkes erhellt.

Wenn mit δ die Festigkeit des gemauerten Würfels und mit δ_1 die zulässige Belastung desselben bei 10-facher Sicherheit in Prozenten der Festigkeit der unvermauerten Steine bezeichnet wird, so betragen diese Werte bei den angeführten Mörtelmischungen:

41) Ausführlicheres hierüber siehe in: GOTTGEBREU, R. Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Bd. II. 3. Aufl. Berlin 1881. S. 269 u. ff. — Vergl. auch das nächstfolgende Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches«.

42) Siehe hierüber: HAUENSCHILD, H. Zur Frage der Erhärtung von Kalkmörtel. Notizbl. des Ziegler- und Kalkbrenner-Ver. 1881, S. 68.

43) Ueber die Ausführung eines Brückenbaues bei Frostwetter siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 74 — desgl. über die Ausführung des Bahnhofes Friedrichsstraße in Berlin: Baugwks.-Ztg. 1885, S. 35. — Vergl. auch das nächstfolgende Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 2) dieses »Handbuches«.

44) In: Die Festigkeit der Baumaterialien. Berlin 1876. S. 9.

45) In: Thätigkeit der k. Prüfungs-Station für Baumaterialien im Jahre 1878. Zeitschr. f. Bauw. 1880, S. 555. — Ueber andere Versuche folgen Mitteilungen im nächstfolgenden Heft (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 11) dieses »Handbuches«. — Mitteilungen über Prüfungen von Ziegelmauerwerk an Pfeilern von 22×22 cm Druckfläche bei 60 cm Höhe finden sich auch in: Zeitschr. f. Arch. u. Ing. 1897, Heftausg., S. 407 (nach Thonindustrie-Ztg. 1896, S. 861).

Festigkeit	Mörtelmischung:			
	I. 1 Teil Kalk, 2 Teile Sand.	II. 7 Teile Kalk, 1 Teil Zement, 16 Teile Sand.	III. 1 Teil Zement, 6 Teile Sand.	IV. 1 Teil Zement, 3 Teile Sand.
δ	44	48	55	63
δ_1	4,4	4,8	5,5	6,3

Prozent.

Unter Benutzung dieser Werte von δ_1 und der aus vielen Versuchen gefundenen Mittelwerte für die Druckfestigkeit der verschiedenen Backsteinsorten hat *Böhme* über die zulässige Belastung eines aus denselben hergestellten Verbandmauerwerkes folgende Tabelle aufgestellt.

Art der Steine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine	Zulässige Belastung des Verbandmauerwerkes bei Mörtelmischung				Zulässige Belastung nach den Bestimmungen des Berliner Polizeipräsidiums		Bemerkungen
		I. $\delta_1 = 4,4$ Proz.	II. 4,8 Proz.	III. 5,5 Proz.	IV. 6,3 Proz.	Kalkmörtel	Zementmörtel	
Gewöhnliche Hintermauerungssteine	206	9,1	9,8	11,3	13	8	—	
Bessere Backsteine, Mittelbrand	258	11,4	12,4	14,2	16,3	—	11	
Klinkersteine	379	16,7	18,2	20,8	24	—	14	
Poröse Vollsteine	184	8,1	8,8	10,1	11,6	—	3	leicht gebrannt hart gebrannt
Poröse Lochsteine	84	3,7	4	4,6	5,3	—	6	
Lochsteine	194	8,5	9,3	10,7	12	—	—	

Kilogramm für 1 qcm.

Mit Bruchsteinen sind ähnliche Versuche zwar noch weniger angestellt worden; doch wird man bei ihnen über die für Backsteine ermittelten Prozentätze (δ_1) der Festigkeit der unvermauerten Steine nicht hinausgehen dürfen, da die Gestalt der Stücke mit in Rechnung zu ziehen ist. *Böhme* gibt folgende Tabelle, deren Zahlen aber von ihm als hohe bezeichnet werden:

Bezeichnung der Bruchsteine	Mittlere Druckfestigkeit der unvermauerten Steine für die Würfelform	Zulässige Belastung	
		für platten- oder klotzförmige Werkstücke ohne Mörtelverbindung	für Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel ($\delta_1 = 5,5$ Proz.)
Granit	1107	110	60
Porphyr	1302	130	72
Sandstein	460	46	25
Quader Sandstein	679	68	37
Sandsteinquarz	1523	152	84
Basaltlava	391	39	21
Basalt	1382	138	76

Kilogramm für 1 qcm.

92.
Mechanische
Mörtel.

War es bei den chemischen Mörteln im allgemeinen notwendig, die Steinflächen zu nassen, so ist das Umgekehrte bei den mechanischen Mörteln der Fall. Es sind dieselben in zwei Gattungen zu scheiden: in solche, die aus dem halb flüssigen Zustande infolge Austrocknens der mechanisch beigemengten Flüssigkeit in den festen übergehen (Lehm, Schamotte etc.), und in solche, die geschmolzen werden und durch Abkühlung erstarren (Asphalt, Blei, Schwefel etc.). Bei den ersteren würde das Nassen der Steine, ebenso wie eine zu große Feuchtigkeit des Mörtels (er braucht nur mit der Kelle verarbeitet und in die Fugen gebracht werden zu können) den Erhärtungsvorgang nur verzögern und ein stärkeres Schwinden und damit vermehrtes Setzen des Mauerwerkes verursachen. Bei den letzteren würde dagegen vorhandene Feuchtigkeit sogar schädlich (Verhinderung der Adhäsion) und unter Umständen (bei Blei) auch gefährlich für den Arbeiter werden können. Bei diesen Bindemitteln ist es daher angezeigt, die Steinflächen vor Feuchtigkeit zu schützen und etwa vorhandene durch Austrocknen zu beseitigen.

Für Lehm, Schamotte u. dergl. Mörtel gelten bezüglich der zu verwendenden Mörtelmenge und der Fugendicke dieselben Grundsätze, wie bei den chemischen Mörteln; es ist dieselbe nach Möglichkeit einzuschränken. Für die zu schmelzenden Bindemittel lassen sich in dieser Beziehung keine allgemeinen Regeln aufstellen.

93.
Trocken-
mauerwerk.

Trockene oder Feldmauern werden mit Hilfe von Moos und Erde hergestellt. Da es sich hierbei nur um Ausfüllung der Zwischenräume und feste Lagerung der Steine handelt, so muß das Bindemittel trocken zur Anwendung gelangen, damit ein späteres Schwinden und Setzen ausgeschlossen ist. Unter Trockenheit ist aber bei Erde nicht staubartige Beschaffenheit derselben zu verstehen; sondern sie muß etwas knetbar fein und sich noch gut in den Zwischenräumen durch Klopfen und Stampfen zusammenpressen lassen, wozu bei geeignetem Material nur geringe Feuchtigkeit notwendig ist.

94.
Wahl des
Bindemittels.

Die richtige Wahl eines Bindemittels für einen gegebenen Fall kann für den dauerhaften Bestand eines Bauwerkes von großer Wichtigkeit sein. Es ist hier nun nicht der Platz, auf diesen Gegenstand näher einzugehen, da hierüber einesteils schon in Teil I, Band 1, erste Hälfte (Abt. 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe) dieses »Handbuches« verhandelt worden ist, anderenteils dazu Veranlassung bei der Besprechung der einzelnen Konstruktionen vorliegt. Wir können uns daher hier mit allgemeinen Andeutungen begnügen.

Für die Wahl des Bindemittels kommen namentlich in Betracht: Beanspruchungen durch die Konstruktion, Einflüsse von Witterung, Feuchtigkeit, Temperatur und Benutzung des Bauwerkes, Einwirkung von Naturereignissen und benachbarten Nutzanlagen.

Werden Bauteile stark auf Zug oder Druck in Anspruch genommen, so muß ein Mörtel gewählt werden, der rasch eine eigene große Festigkeit erlangt (z. B. Portlandzement, während bei anderen, weniger beanspruchten Teilen ein Mörtel von geringerer Festigkeit oder ein solcher, der erst langsam fest wird (z. B. Luftkalkmörtel), genügen kann. Aehnlich verhält es sich, wenn bei Mauerkörpern starkes Setzen zulässig ist oder nicht (in letzterem Falle wird man einen rasch erhärtenden, nicht schwindenden Mörtel verwenden müssen), oder wenn Erschütterungen durch Naturereignisse oder benachbarte Nutzanlagen zu erwarten sind oder nicht. Häufig wiederkehrende Erschütterungen können unter Umständen einen elastischen Mörtel zweckmäßig erscheinen lassen (z. B. Asphaltbeton für Gründung von Dampfmaschinen, Dampfhämmern etc.). Die

vorausichtlichen Einflüsse von Witterung und Feuchtigkeit verlangen einen Mörtel von entsprechenden, gewöhnlich einen solchen von hydraulischen Eigenschaften. Da, wo Feuchtigkeiten am Durchdringen oder Aufsteigen verhindert werden sollen, ist ein wasserdichter Mörtel notwendig (Zement, Asphalt). Mauerwerke, die höheren Temperaturen ausgesetzt sind, müssen mit einem Mörtel hergestellt werden, der durch die Hitze nicht zersetzt wird (Lehm, Schamotte u. a. m.). Räume, in denen alkalische oder faure Dämpfe entwickelt werden, zur Fortleitung oder Aufbewahrung ähnlicher Flüssigkeiten oder von Auswurfstoffen benutzte Kanäle oder Gruben verlangen einen Mörtel, der keine chemischen Veränderungen durch die genannten Dünfte oder Stoffe erleidet. Andererseits dürfen Eisen, Blei und andere Metalle, die mit dem Mörtel des Mauerwerkes in Berührung kommen, durch diesen nicht angegriffen werden. Mauern, welche wasserdurchlässig sein sollen (Futtermauern), wird man unter Umständen als Trockenmauern aufführen können. Auch die Zusammensetzung eines und desselben Mörtels kann je nach dem Orte der Verwendung und der Beanspruchung verändert werden. So wird man Mauerkörper, welche späterhin starke Belastung erhalten, mit einem mageren Luftmörtel ausführen können, als solche, die nur wenig belastet werden; Mauerziegel hat man, des geringeren Eigengewichtes wegen, mit fetterem Luftmörtel zu vermauern, als Quader und dichte Bruchsteine.

b) Verbindung der Steine durch besondere Formung der Fugenflächen.

Zur Verbindung der Steine innerhalb einer Schicht durch besondere Formung der Stofsflächen sind namentlich folgende Mittel im Gebrauch: vieleckige Gestaltung der Steine im Grundriss, schwalbenschwanzförmige Ausbildung derselben, Verschränkung oder Auskröpfung der Stofsugen und Anwendung von Nut und Feder (Spundung). Die ersten beiden Mittel gelangen mehr im Ingenieurbauwesen zur Benutzung, müssen aber der Vollständigkeit wegen hier mit zur Erörterung kommen und können in besonderen Fällen auch im Hochbau Verwendung finden. Die beiden zuletzt angeführten Formungen der Fugenflächen sind mehr im Hochbau gebräuchlich; zum Teile haben sie allerdings auch nicht viel mehr, als geschichtliche Bedeutung.

Bei all diesen Arten der Formung der Fugenflächen ist es erforderlich, darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Kanten der Steine nicht zu spitzwinkelig ausfallen. Es wird dies um so notwendiger, je weicher das Steinmaterial ist. Auch empfiehlt es sich immer zur Ersparnis an Kosten und Erzielung genauer Arbeit, möglichst einfache Formen zu wählen.

Die vieleckige Grundrissbildung der Steine ist mit dem Polygonverband von aufgehendem Mauerwerk verwandt. Sie ist namentlich bei der Konstruktion von Leuchttürmen und Brückenpfeilern zur Anwendung gekommen, bei welchen der

Fig. 213.

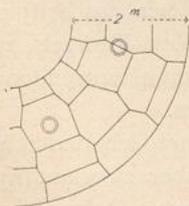
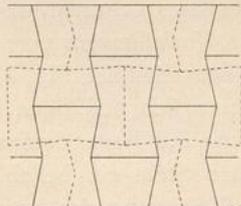


Fig. 214.



Wellenschlag, bezw. der Eisgang oft sehr bedeutende Schübe ausüben, so daß eine besondere Sicherung der Steine geboten erscheint.

In Fig. 213 ist als charakteristisches Beispiel ein Teil einer Schicht eines Leuchtturmunterbaues aus der Bucht von Plymouth mitgeteilt⁴⁶⁾. Der Fugenschnitt ist hier mit großem Verständnis behandelt. Die aufeinander folgenden Schichten sind

95.
Verbindung
innerhalb
einer Schicht.

96.
Vieleckige
Form
der Steine.

⁴⁶⁾ Nach: MÖLLINGER, K. Elemente des Steinbaues. I. Halle 1869.

durch eiserne Ringdübel verbunden. — Eine umständlichere, spitzwinkelige Kanten nicht vermeidende Bildung zeigt das Beispiel in Fig. 214. Es würde sich dieser Mangel durch die später zu besprechende rechtwinkelige Verfränkung der Steine vermeiden lassen (siehe Fig. 219).

97.
Schwalben-
schwanzförmige
Bildung
der Steine.

Sehr viel wird zur Verbindung von Steinen einer Schicht die schwalbenschwanzförmige Gestaltung der Steine in Anwendung gebracht, weniger bei durchgängigem Quadermauerwerk (doch gehört teilweise hierher das Beispiel in Fig. 214), als bei gemischtem Mauerwerk mit Quaderverblendung aus Läufern und Bindern. Durch die in entsprechende Vertiefungen der Binder eingreifenden Vorsprünge der Läuferenden werden diese letzteren in ihrer Lage gesichert, während die Binder durch die Hintermauerung belastet und festgehalten werden (Fig. 215). — Bei zweihäutigem Mauerwerk können die Binder zu sehr wirksamen Ankersteinen gemacht werden (Fig. 217, bei *a*). Sind die Binder nicht in einer der Mauerdicke entsprechenden Länge zu beschaffen, so kann man eine ähnlich kräftige Verankerung durch Stofs zweier oder mehrerer Binder und Verklammerung der inneren Köpfe (Fig. 217, bei *b*) erzielen. — Die Schwalbenschwanzform wird oft auch zum Festbinden von vor die Mauerfluchten vorspringenden Architekturteilen benutzt (Fig. 216⁴¹).

Fig. 215.



Fig. 216.

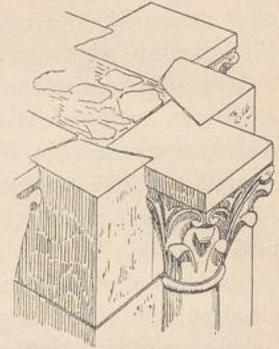


Fig. 217.

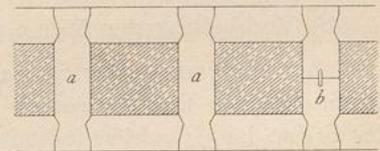


Fig. 218.

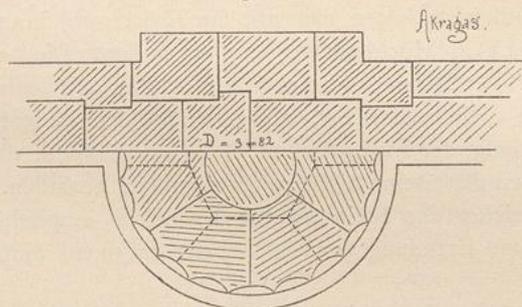
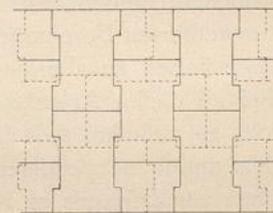


Fig. 219.



98.
Verfränkung
der
Stoßfugen.

Die Verfränkung der Stoßfugen besteht darin, daß die Fugenflächen auf einen Teil ihrer Länge rechtwinkelig ausgekröpft werden, und daß man in die so geschaffenen Winkel die Ecken anderer Steine eingreifen läßt. Diese Verbindungsweise ist bei vollem Quadermauerwerk zur Anwendung gebracht worden, wie das Beispiel in Fig. 218 zeigt, welches einen Teil der Umfassungsmauer des Zeus-Tempels zu Akragas darstellt. Fig. 219 zeigt, wie in dem Beispiel Fig. 214 durch Anwendung der Verfränkung die spitzwinkeligen Kanten sich beseitigen ließen.

99.
Verbindung
mittels
Feder u. Nut.

Die Verbindung der Steine durch Nut und Feder kennzeichnet sich dadurch, daß in den Mitten der Stoßflächen an einen Stein ein beliebig, aber zweckmäßig geformter Vorsprung in eine entsprechende Vertiefung des benachbarten Steines ein-

⁴¹) Nach: VIOLETT-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture etc.* Band I. Paris 1858. S. 504.

greift. Es ist diese Verbindungsweise im Grunde von der Verschränkung und von der schwalbenschwanzförmigen Gestaltung nicht wesentlich verschieden; sie ist aber

Fig. 220.

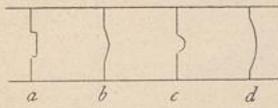
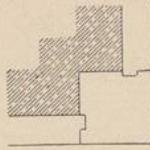


Fig. 221.



Fig. 222.



diejenige, welche im Hochbau auch heutzutage noch zumeist angewendet wird, und zwar namentlich zur engeren Verbindung von Abdeckungsplatten

von Mauern, von gestoßenen Treppenstufen oder auch zur besseren Sicherung von aufrecht gestellten Sockelplatten etc. (Beispiele hierfür bieten Fig. 220 a—d, 221 und 222.)

Fig. 223.

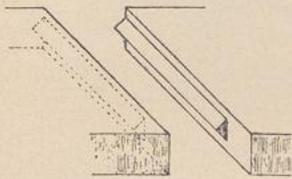
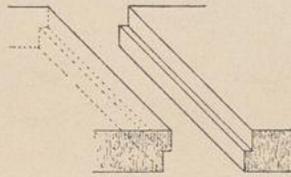


Fig. 224.



Die Griechen befestigten auf diese Weise mitunter die Metopenplatten der dorischen Tempel in den Triglyphenblöcken⁴⁸⁾. Selbstverständlich können auch Läufer und Binder in dieser Weise verbunden werden.

Dieses Mittel wird auch zur Dichtung der Fugen von Balkonplatten, Treppenfloßen, Abdeckungsplatten oder dergl. verwendet (Fig. 223). Zu demselben Zwecke wird die Ueberfaltung benutzt (Fig. 224). Diese kommt ebenfalls bei aufrecht gestellten Platten zur Anwendung. So zeigt Fig. 225 die bei dem Dachreiter der frühgotischen Kapelle zu Iben in Rheinheffen verwendete Ueberfaltung.

Fig. 225.



Zur Verbindung der Steine aufeinander folgender Schichten durch besondere Formung der Lagerfugenflächen verwendet man die Verkämmung und auch wieder die Verbindung durch Nut und Feder.

Die Verkämmung der Lagerflächen ist der Verschränkung der Stofsflächen ganz

100.
Verbindung
in aufeinander
folgenden
Schichten.

Fig. 226.

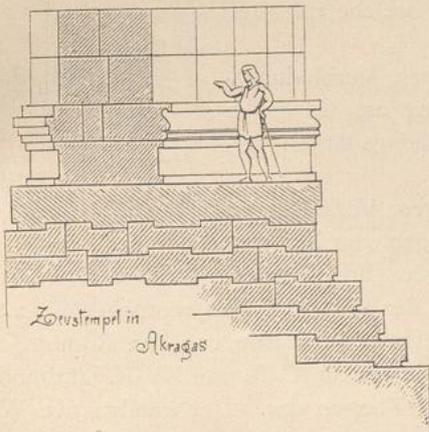
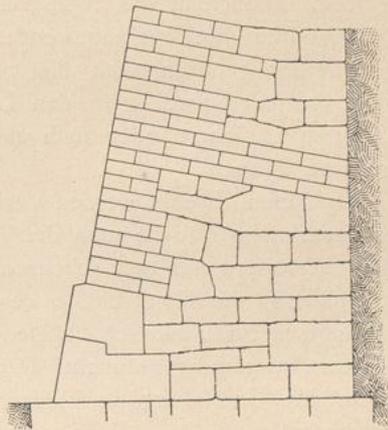
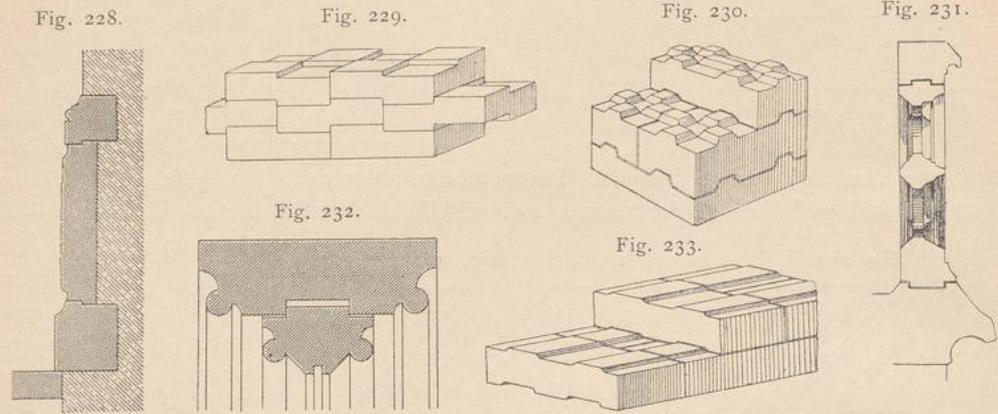


Fig. 227.



⁴⁸⁾ Siehe Teil II, Band 1 (S. 86, 2. Aufl. S. 118) dieses »Handbuches«.
Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

ähnlich; sie besteht in rechtwinkligen Auskröpfungen. Ein gutes Beispiel hierfür bietet das Stylobatgemäuer des Zeus-Tempels zu Akragas (Fig. 226), von dem schon ein Stück Umfassungsmauer in Fig. 218 (S. 80) dargestellt wurde⁴⁹⁾.



Die in Fig. 229 mitgeteilte Verkämmung verhindert nach allen Richtungen hin Verschiebungen.

In Frankreich werden Backsteine nach demselben Grundgedanken hergestellt, und zwar in zwei Formen: *Brique Robert* (Fig. 233) und *Brique-blindage* (Fig. 230⁵⁰⁾.

Die Verkämmung der Lagerfugen wird öfters angewendet, um Sockelsteine und Deckplatten von Futtermauern, Stützmauern, Terrassenmauern etc. gegen Verschiebung zu sichern (Fig. 227, 234 u. 235), ebenso um aufrecht gestellte Platten von Sockelmauern festzuhalten (Fig. 228).

Die Verbindung der Lagerflächen durch Nut und Feder wird häufig zur Anwendung gebracht, um frei stehende Konstruktionssteile oder solche, die keine Belastung erhalten dürfen, gegen eine seitliche Verschiebung zu sichern, so z. B. die einzelnen Höhenabteilungen von Galerien oder Balustraden (Fig. 231) und die Fenstermaßwerke (Fig. 232).

Ganz ähnlich ist die Zapfenverbindung, welche mitunter zu verwandten Zwecken angewendet wird.

Hierher gehören auch die verschiedenen Verbindungsweisen von Wölbquadern in den Lagerfugen, um sie gegen ein Gleiten zu sichern oder auch um die Widerlagsstärken verringern zu können.

Zu diesem Zwecke werden Verkämmungen, Verhakungen oder Verzahnungen sowie auch die Verbindungen von Nut und Feder, besonders bei den scheinrechten Bogen, angewendet.

Fig. 236 zeigt die Konstruktion des Sturzes der Mittelthür des römischen Theaters zu Orange in Südfrankreich. Diese Konstruktionsweise wurde von den Römern mitunter zur Anwendung gebracht. Fig. 237 stellt die im XVII. und XVIII. Jahrhundert sehr beliebte Umbildung derselben für den Vollbogen dar. Der konstruktive Wert

Fig. 234.

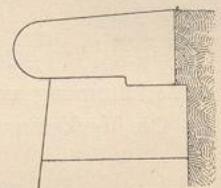
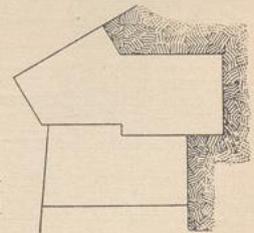


Fig. 235.



101.
Verbindung
der Wölbsteine
in den
Lagerfugen.

⁴⁹⁾ Siehe ebendaf., S. 52 (2. Aufl. S. 72).

⁵⁰⁾ Nach: *La semaine des const.*, Jahrg. 3, S. 380.

Fig. 236.

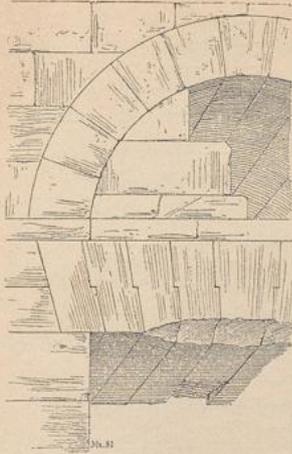


Fig. 237.

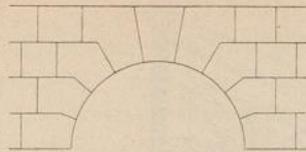


Fig. 238.

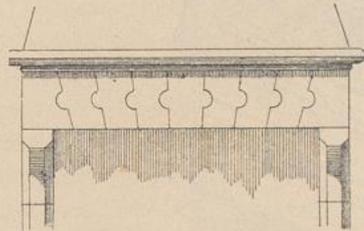
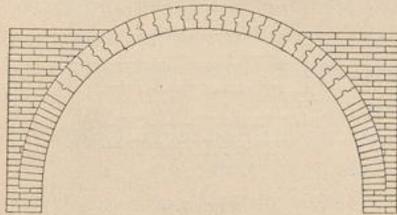


Fig. 239.



Verbindung durch Nut und Feder bietet Fig. 240⁵³⁾. Diese künstliche Verbindung wird im Aeußeren der scheinrechten Bogen nicht sichtbar.

Ein ähnliches Mittel, die Zapfenverbindung, verwendeten die Römer, um die

Fig. 240.

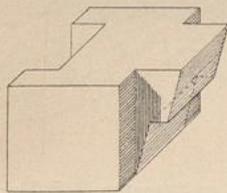
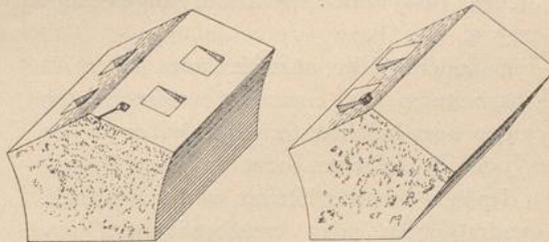


Fig. 241.



Wölbsteine der unteren Teile der Bogen aufeinander festzuhalten, da diese ohne Wölbrüftung ausgeführt wurden, so am Kolosseum in Rom (Fig. 241⁵⁴⁾).

Oefters erscheint es zweckmäfsig, fowohl die Steine der Schichten unter sich, als auch die Schichten miteinander zu verbinden. Das letztere erfolgt allerdings gewöhnlich durch Hinzuziehen besonderer Hilfsstücke, wie dies z. B. in Fig. 213

102.
Verbindung
der Steine in
den Stofs- und
Lagerflächen.

⁵¹⁾ Siehe: GWILT, J. *An encyclopedia of architecture*. London 1876. S. 568.

⁵²⁾ Vergl.: Teil II, Band 3, zweite Hälfte (Art. 32, S. 38 [2. Aufl. S. 40]) dieses »Handbuches«.

⁵³⁾ Nach: RINGLEB, A. *Lehrbuch des Steinschnittes etc.* Berlin 1844. Taf. 21.

⁵⁴⁾ Nach: CHOISY, A. *L'art de bâtir chez les Romains*. Paris 1873. S. 127.

Fig. 242.

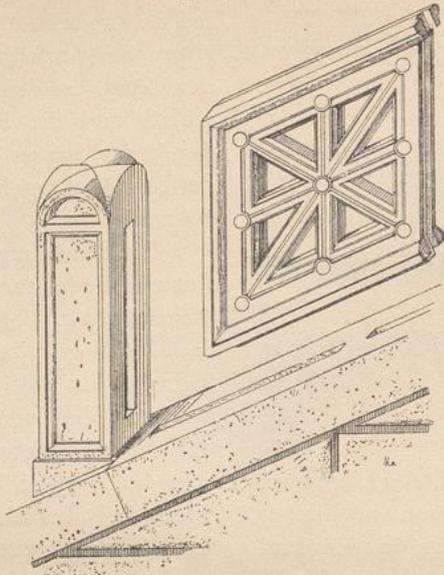


Fig. 243.

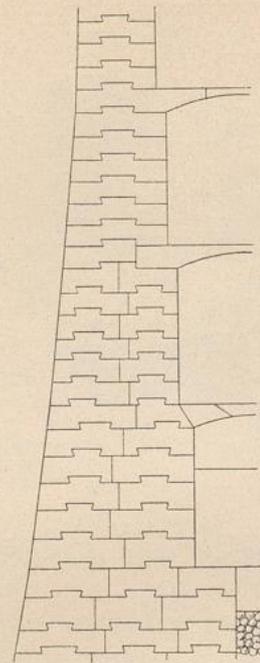
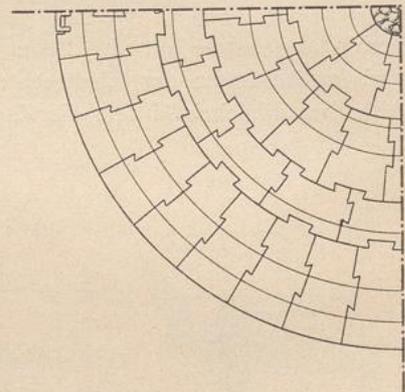


Fig. 244.

Vom neuen Leuchtturm zu Eddystone⁵⁵⁾.
1/150 w. Gr.

(S. 79) der Fall war. Eine allseitige Verbindung neben- und übereinander liegender Stücke durch Nut und Feder zeigt das in Fig. 242 abgebildete Stück des feineren Geländers der Freitreppe am Stadthause in Winterthur. Verbindung aller Steine in den Stofs- und Lagerfugen durch Verschränkung, bezw. Verkämmung wurde bei dem neuen Eddystone-Leuchtturm angewendet (Fig. 243 u. 244⁵⁵⁾).

103.
Fugen mit
Kanälen.

Ein anderes hier anzuführendes Mittel ist die Einarbeitung von einander entsprechenden dreieckigen oder halbkreisförmigen Nuten in den Lager- oder Stofsflächen oder in allen Fugenflächen der benachbarten Steine, wodurch Kanäle von quadratischem oder kreisförmigem Querschnitt von 3 bis 10 cm Breite gebildet werden, die man mit Zementmörtel oder Zementbeton ausfüllt (Fig. 246).

Zu berücksichtigen ist hier auch die Verbindung der Steine in den Stofsungen dadurch, daß man in die Stofsflächen gegenüber liegende Höhlungen (Fig. 245) einarbeitet, welche mittels eines Kanales von oben her mit Zementmörtel oder auch mit Blei ausgefüllt werden.

Fig. 245.

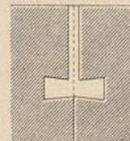
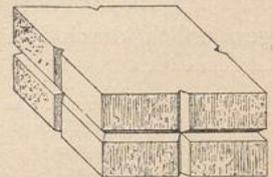


Fig. 246.



⁵⁵⁾ Nach: Zeitschr. f. Bauw. 1887, Bl. 65.

c) Verbindung der Steine durch besondere Hilfsstücke.

Die Verbindung der Steine mittels besonderer Formung der Fugenflächen ist zwar in den meisten Fällen geeignet, die sichersten und dauerhaftesten Ergebnisse zu liefern; sie ist aber immer kostspielig, nicht nur wegen des infolge des Ineinander-greifens der Steine erforderlichen größeren Materialaufwandes, sondern auch wegen der oft umständlichen und sehr genau auszuführenden Bearbeitung der Flächen und der schwierigen Versetzung der Steine. Bei nicht ganz genauer Arbeit wird der beabsichtigte Zweck entweder ungenügend oder gar nicht erreicht. Deswegen bedient man sich viel häufiger der billigeren und bequemer anzuwendenden Verbindung durch besondere Hilfsstücke, die allerdings oft, wegen der Vergänglichkeit der verwendeten Materialien und der mit denselben für die Konstruktion verknüpften Gefahren besondere Vorichtsmaßnahmen erforderlich machen. Diese Bemerkung bezieht sich auf das so oft zur Anwendung gelangende Eisen und auch auf das Holz.

Die Hilfsstücke können nämlich aus Stein, Holz und Metallen hergestellt werden. Unter den letzteren kommen zur Verwendung Kupfer, Bronze, Messing, Blei und vor allen Dingen das Eisen, als das billigste. Holz ist bekanntlich unter wechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit von geringer Dauer; durch Einwirkung von Feuchtigkeit quillt es an und kann die verbundenen Steine zer Sprengen. Das Eisen rostet rasch, besonders unter Einwirkung von Nässe und Kalk- und Gipsmörtel, dehnt sich dabei aus und kann infolgedessen auch die Konstruktionen zerstören. Die zur Verhütung dieser Gefahren zu ergreifenden Maßnahmen sollen später besprochen werden.

Zur Verbindung der Steine in einer Schicht werden namentlich die Verklammerungen und Verankerungen verwendet. Bei den ersteren greift das Hilfsstück in der Regel nur über eine Stosfuge hinweg, während bei den letzteren eine größere Anzahl von Stosfugen übersprungen werden.

Die Klammern kommen hauptsächlich in zweierlei Gestalt in Anwendung: in der doppelt schwalbenschwanzförmigen Gestalt (Fig. 249) und als prismatischer Stab mit umgebogenen Enden (Fig. 250). Die erste Form wird entweder von einem festen

und zähen Stein (Granit, Grünstein, Marmor) oder von Metall hergestellt.

Nach *Ch. Normand*⁵⁶⁾ sind beim Pantheon in Rom doppelt schwalbenschwanzförmige Klammern aus Bronze von 280 mm Länge, 130 mm Breite und 22 mm Dicke zur Verwendung gekommen, und *Rondelet*⁵⁷⁾ teilt mit, daß beim Abbruch eines Teiles der äußeren Umfassungswandern des Forum des *Nerva* in Rom außerordentlich gut erhaltene



Fig. 247.

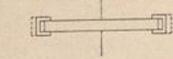
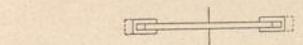


Fig. 248.



Schwalbenschwänze aus hartem Holz gefunden wurden.

Die zweite, bei weitem häufiger vorkommende Form der Klammer wird nur in Metall ausgeführt, und

⁵⁶⁾ In: *Essai sur l'existence d'une architecture métallique antique. Encyclopédie d'arch.* 1883, S. 75.

⁵⁷⁾ In: *Theoretisch-praktische Anleitung zur Kunst zu bauen. Band 2. Aus dem Französischen von C. H. DISTELBARTH. Leipzig und Darmstadt 1834. S. 27.*

Fig. 249.

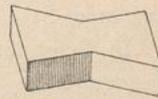


Fig. 250.

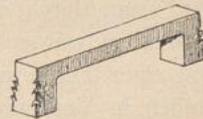


Fig. 251.

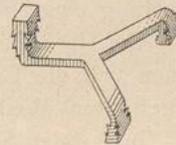


Fig. 252.



104.
Hilfsstücke.

105.
Verbindungen
in einer
Schicht.

zwar gewöhnlich in Gufs- oder beffer in Schmiedeeifen. Man nennt folche Klammern Steinklammern, zur Unterscheidung von den ähnlich geformten Holzklammern, welche aber spitze Füße haben und in das Holz eingeschlagen werden. Die Steinklammern werden um ihre Dicke in den oberen Lagerflächen der Steine eingelassen. Die umgebogenen, 25 bis 40 mm langen und gewöhnlich aufgehauenen Enden, die Klammerfüße oder Pratzten, greifen in entsprechend tiefe und gröfsere Löcher ein, welche sich nach aufsen etwas erweitern, um das Herausziehen derselben zu erschweren (Fig. 247). Der Raum um dieselben wird mit einem zweckentsprechenden Material (Blei, Schwefel, Gips, Zement, Asphalt, Steinkitt) fest ausgefüllt, worüber weiter unten das Nötige mitgeteilt werden wird. Die Länge und Stärke der Klammern haben sich einesteils nach der Gröfse der zu verbindenden Steine zu richten, anderenteils nach der Festigkeit des Steinmaterials, nach welcher zu beurteilen ist, wie weit von den Fugen entfernt man die Klammerlöcher anbringen kann; hiernach kann dieses Mafs 5 bis 20 cm betragen.

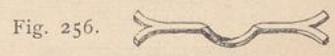
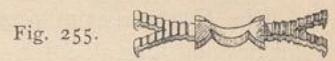
Zu den schmiedeeisernen Steinklammern wird Quadrat- oder Flacheifen verwendet; die umgebogenen Enden werden durch Stauchen verdickt. Bei Verwendung von Flacheifen liegt in der Regel die Klammer mit der flachen Seite auf dem Stein. Bleiben jedoch die Klammern äufserlich sichtbar, wie bei der Verbindung von Mauerabdeckungsplatten, so ist es zweckmäßiger, dieselben hochkantig zu stellen, um sie dadurch vor der Einwirkung der Atmosphäre und vor Entwendung beffer zu schützen (Fig. 248). Dasselbe kann auch mit den schwalbenschwanzförmigen Klammern geschehen (Fig. 252).

Griechen und manche andere alte Völker verwendeten bei ihren Quaderbauten vielfach verschiedenartig geformte Metallklammern⁵⁸⁾.

Klammern, welche vom oberen Lager eines aufrecht gestellten längeren Werkstückes (z. B. von einem Fenster- oder Thürgehänge) in das benachbarte Mauerwerk greifen, um den fehlenden Verband zu ersetzen, nennt man Stichklammern.

In besonderen Fällen werden die Steinklammern mit gegabelten oder auch mit entgegengesetzt umgebogenen Enden versehen. Das erstere wird angewendet, wenn durch eine Klammer mehr als zwei Steine verbunden werden sollen, das letztere, wenn Quader mit einer Hintermauerung von Ziegeln oder Bruchsteinen in Verbindung zu bringen sind. Das aufwärts gebogene Ende läfst man in die Fugen der Hintermauerung eingreifen (Fig. 251).

Bei Herstellung der Hohlmauern aus Ziegeln bedienen sich die Engländer häufig in der in Fig. 261 dargestellten Weise einer der in Fig. 253 bis 260 abgebildeten Klammerformen aus Gufs- oder Schmiedeeifen. Auch in Deutschland werden jetzt Klammern zu diesem Zwecke verwendet⁵⁹⁾, die man wohl auch aus Draht herstellt⁶⁰⁾.

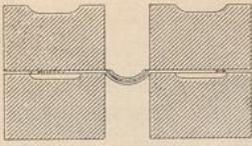


⁵⁸⁾ Siehe hierüber Teil II, Band 1 (S. 57 [2. Aufl. S. 77]) und Band 2 (S. 132) dieses »Handbuches«.

⁵⁹⁾ Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 455.

⁶⁰⁾ Ebendaf. 1892, S. 486.

Fig. 261.



Bei Hintermauerung von Quaderverblendungen, sowie bei Mauerwerk aus kleinstückigem Material kommen auch die eigentlichen Verankerungen in Anwendung. Die Anker sind entweder ähnlich gestaltet wie die Klammern, d. h. bei größerer Länge mit umgebogenen Enden versehen, oder sie sind wie die Balkenanker gebildet, d. h. sie haben Splinte, die in lotrechter Stellung durch Oefen am Ende der Eisenstangen gefeckt werden.

Die erstere Art wird von *Rankine*⁶¹⁾ als Reifeisenverband bezeichnet und mitunter bei Ziegelmauerwerk angewendet, um die Zugfestigkeit in der Längsrichtung zu vermehren. Die Flacheisenstangen sollen in ihren Stößen abwechseln, an den Enden um ca. 5 cm nach abwärts gebogen sein und brauchen als Querschnittsfläche nicht mehr als $\frac{1}{300}$ des Mauerquerschnittes zu haben.

Nach *H. Müller*⁶²⁾ werden zum Reifeisenverband gewöhnlich Bändeisen von 2 mm Dicke und 42 mm Breite verwendet, die im Handel in Längen von ca. 8,20 bis 8,25 m zu haben sind. Sie werden in die Lagerflächen der Backsteinschichten zu mehreren nebeneinander gelegt, und zwar so, daß sie auf keine in der Längsrichtung laufenden Stoßfugen treffen. An den Enden werden die Bändeisen um den letzten Stein herum bis zum zweiten oder dritten Stein vorher zurückgebogen. Durch die Einwirkung des Kalkmörtels werden die Bändeisenstreifen zwar nach und nach zerstört; inzwischen ist aber die Festigkeit des Mörtels selbst eine bedeutende geworden.

Brunel hat durch Versuche die große Wirksamkeit des Reifeisenverbandes nachgewiesen⁶³⁾. Er schreibt den Zuwachs an Festigkeit der Adhäsion des Zement- oder Kalkmörtels an der Oberfläche des Eisens zu, wonach eine größere Anzahl von schwachen Bändern zu besseren Ergebnissen führen würde, als eine kleinere Zahl stärkerer. An Stelle von Eisen verwendete *Brunel* auch dünne Holzlatten. Er weist übrigens auch auf die Gefahren hin, die durch die Rostbildung des Eisens für Fundamente aus porösen Ziegeln sich ergeben⁶⁴⁾.

Die Anker mit Splinten haben solche entweder nur an einem Ende (Fig. 262) oder an beiden Enden. Der Splint besteht aus Flacheisen, dessen Breite in die Längsrichtung des Ankers genommen wird, oder aus Quadrat- oder Rundeisen. Die Oefe wird entweder durch Verdrehen (Kröpfen) und Umbiegen des Flacheisens gebildet (Fig. 262), oder durch Umbiegen des Endes und Durchlochung (Fig. 263), oder durch Aus schmieden eines Ringes (Fig. 264).

Die Verankerungen werden mitunter auch so ausgeführt, daß der Anker an dem einen Ende einen Splint hat, während er mit dem anderen umgebogenen Ende in das Loch einer in der Längsrichtung der Mauer laufenden Eisenschiene greift, welche denselben Dienst auch noch anderen Ankern leistet.

Fig. 265 zeigt die Anwendung dieser Verbindungsweise beim Wiederherstellungsbau des Schlosses Saint-Germain bei Paris⁶⁵⁾.

Anzuführen sind hier auch die Verankerungen mit langen Eisenschienen, an welchen in Abständen Zapfen befestigt sind, die in die Steine eingreifen. Bei diesen und ähnlichen Konstruktionen sind die Gefahren zu berücksichtigen, die, außer durch das Rosten, auch durch die Ausdehnung und Zusammenziehung der langen Eisenschienen bei Temperaturänderungen für das Mauerwerk erwachsen können.

Sehr ausgedehnte Verankerungen kommen bei solchen Gebäuden zur Anwendung, welche gegen die Wirkungen von Erdbeben oder Bodensenkungen geschützt werden sollen. Ueber die besonderen Konstruktionen zu diesem Zwecke findet sich das Nähere in Teil III, Band 6 dieses »Handbuches« (Abt. V, Abfchn. 1, Kap. 3: Sicherungen gegen die Wirkung von Bodensenkungen und Erderschütterungen). Ver-

61) Handbuch der Bauingenieurkunst. Uebersetzt von F. KREUTER. Wien 1880. S. 432.

62) In: Die Maurerkunst. 3. Aufl. Leipzig 1879. S. 306.

63) Nach: Allg. Bauz. 1838, S. 137.

64) Ein Beispiel einer Gründung mit Bändeiseneinlagen auf nachgiebigem Boden findet sich in: Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 237.

65) Nach: Gaz. des arch. 1863, S. 217.

Fig. 262.

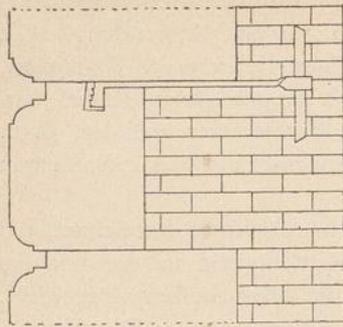


Fig. 265.

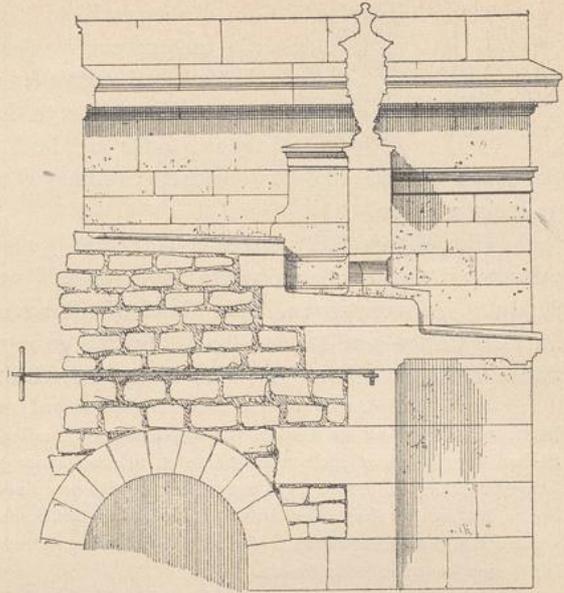


Fig. 263.

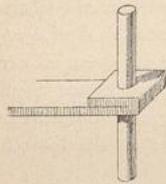
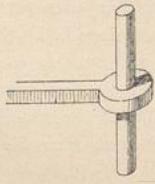


Fig. 264.



ankerungen zur Verstärkung der Festigkeit der Mauern werden auch im nächsten Bande, Heft I (Abt. III, Abchn. 1, A, Kap. 11) dieses »Handbuches« besprochen werden.

106.
Verbindung
aufeinander
folgender
Schichten.

Die Verbindung der Steine aufeinander folgender Schichten

erfolgt durch prismatisch, cylindrisch oder doppelt schwalbenschwanzförmig gestaltete Stücke von Stein, Holz oder Metall, welche in beide Lagerflächen auf angemessene Tiefe eingreifen, durch die sog. Dübel oder Dollen⁶⁶⁾.

Die steinernen Dübel werden nur da angewendet, wo die Gröfse der Quader dies gestattet; sie sind im Querschnitt quadratisch und erhalten eine Länge, die etwa dem fünften Teile der Höhe der zu verbindenden Quader entspricht, während die Breite etwa ebenso groß bis zwei Drittel davon gemacht wird. Der dazu verwendete Stein muß sehr fest und zähe sein. Sie werden häufig in das obere Lager der unteren Schicht genau passend mit Zement eingefetzt, während das Loch im unteren Lager der oberen Schicht groß genug sein muß, um ein bequemes Verfetzen zu ermöglichen. Der Zwischenraum wird in der später zu beschreibenden Weise mit Zement ausgegossen. Für das Vergießen ist es besser, umgekehrt zu verfahren und den Dübel im unteren Lager des oberen Steines zu befestigen. Es gilt dies auch für die Dübel aus anderen Stoffen.

Die hölzernen Dübel sind ähnlich gestaltet, wie die steinernen und von ähnlicher Gröfse. Sie müssen von möglichst trockenem, festem, zähem und dauerhaftem Holz (Eiche, Cypresse, Olive) hergestellt werden. Die Fugen füllt man mit Sand oder Harzkitt aus. Von den Griechen sind hölzerne Dübel bei den Tempelbauten vielfach verwendet worden.

Die metallenen Dübel (am besten von Bronze oder Kupfer, am häufigsten von Eisen) werden ähnlich wie die steinernen verfetzt, erhalten eine Länge, die auch für

⁶⁶⁾ Auch Dübhel, Düpel, Diebel, Dippel, Dobel oder Döbel genannt.

die größten Quader mit ca. 15 cm genügend, gewöhnlich aber mit 8 bis 10 cm hinlänglich groß ist, und eine Dicke von 2,5 bis 5,0 cm. Die beiden Enden werden nach entgegengesetzter Richtung aufgehauen. In den Löchern werden sie mit den schon für die Klammern angegebenen Mitteln vergossen.

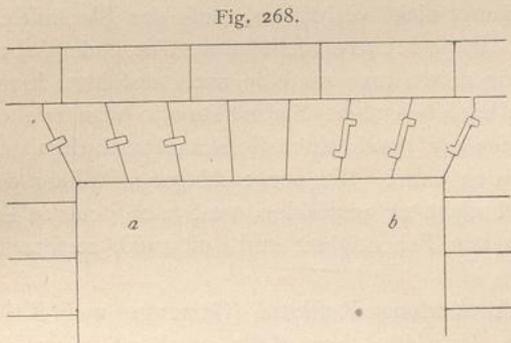
Es ist hier noch anzuführen, daß man die Metalldübel, und zwar gewöhnlich in doppelt schwalbenschwanzförmiger Gestalt (wie Fig. 252, S. 85), auch zur Verbindung der Stosfugen aufrecht gestellter Platten benutzt (Fig. 266), bei denen eine Klammerverbindung im oberen Lager eine Bewegung im unteren Teile nicht verhindern könnte, wie sie z. B. durch Gefrieren von eingedrungenem Wasser oft verursacht wird. Ebenso verwendet man zur Verbindung der Stosfugen von Deckplatten mitunter Steindübel (Fig. 267), um seitliche Verschiebungen zu verhindern. Eine besondere Fugengestaltung für diesen Zweck (Fig. 220, S. 81) ist allerdings kostspieliger, aber auch sicherer, da die Dübel bei stärkeren Steinen nicht in der ganzen Höhe der Stosflächen ausgeführt werden.

Zur Verbindung der Wölbsteine in den Lagerfugen bedient man sich mitunter auch der Dübel, ausnahmsweise der Klammern. Die Dübel werden auch zu diesem Zwecke aus Stein, Holz oder Metall angefertigt.

Beim Bau der Blackfriars-Brücke in London hat man sich beispielsweise würfelförmiger Steindübel bedient.

Die mittelalterlichen Bogen im Hofe des alten Postgebäudes zu Basel waren in sämlichen Steinen durch eiserne, in Blei vergossene Dübel von ca. 9 cm Länge und 9 qcm Querschnitt verbunden, so daß deren Abbruch, der wegen des Wiederaufbaues derselben sorgfältig geschehen mußte, die größten Schwierigkeiten verursachte⁶⁷⁾.

Die Gewölberippen der Marien-Kirche in Stuttgart wurden durch Bleidübel verbunden. Es wurde hier Blei gewählt, um bei der allmählich fortschreitenden Belastung während des Baues die Rippen etwas biegsam zu haben. Aus demselben Grunde wurden auch die Rippenfugen mit Bleiguß ausgefüllt⁶⁸⁾.



Die Dübel müssen senkrecht zu den Lagerfugen gestellt werden (Fig. 268 a). Bei scheinrechten Bogen kommen auch Z-förmige Klammern zur Verwendung (Fig. 268 b).

Die Verankerungen von Gewölben zur Verminderung oder Aufhebung des Schubes derselben werden im nächsten Bande, Heft 3 dieses

»Handbuches« (bei den Gewölben) zur Besprechung gelangen.

Zur Verhinderung der Verschiebung von Steinen sowohl neben-, als übereinander werden die besprochenen Hilfsstücke in den Lager- und Stosfugen gleichzeitig zur Anwendung gebracht.

Sehr ausgiebigen Gebrauch in dieser Beziehung haben u. a. die Griechen bei der Herstellung ihrer Tempel gemacht, dabei aber von der Verwendung eines Mörtels abgesehen.

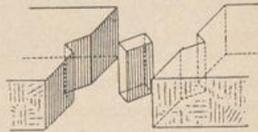
⁶⁷⁾ Siehe: Deutsches Bauwksbl. 1882, S. 115.

⁶⁸⁾ Siehe: Deutsche Bauz. 1880, S. 554.

Fig. 266.



Fig. 267.

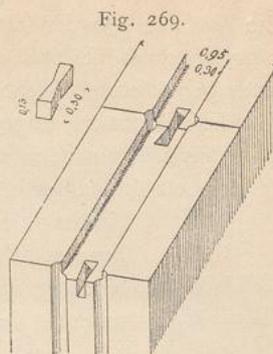


107.
Verbindung
der
Wölbsteine.

108.
Verbindung
in den Stos-
und
Lagerfugen.

Ebenso kommen die Verbindungen durch besondere Formung der Fugenflächen und durch Hilfsstücke vereinigt, in äußerst ausgedehntem Maße beim Bau der Leuchttürme zur Anwendung⁶⁹⁾.

Daly⁷⁰⁾ macht von ägyptischen Mauern Mitteilung, die er in Denderah, am sog. Hypäthraltempel von Philä und a. a. O. gefunden hat und welche in sehr bemerkenswerter Weise die vereinigte Verwendung von Mörtelkanälen und Schwalbenschwänzen (wahrscheinlich wie sonst aus Sykomorenholz) zur Herstellung einer allseitigen Unverschieblichkeit der auf das genaueste, mit ganz scharfen Fugen bearbeiteten Quader zeigen. Fig. 269 stellt einen Teil einer solchen Konstruktion dar. Die Quader haben in den oberen und unteren Lagerflächen, ebenso in den Stofsflächen, Kanäle, die mit ausgezeichnetem Mörtel ausgefüllt waren. Außerdem griffen über die Stofsugen die schon erwähnten Schwalbenschwänze.



109.
Befestigung
der
Hilfsstücke.

Die für die Hilfsstücke in die Fugenflächen einzuarbeitenden Löcher können nicht derartig hergestellt werden, daß sie ganz dicht an erstere anschließen. Ein Herausziehen derselben bleibt also möglich. Man macht deshalb die Löcher von vornherein etwas größer und so groß, daß man sie nach dem Einbringen der Hilfsstücke bequem und sicher mit einem zweckentsprechenden Material ausfüllen kann. Man verwendet dazu, wie schon erwähnt, bei steinernen Hilfsstücken Zementmörtel; bei solchen von Holz in trockener Lage Sand und dort, wo sich Zutritt von Feuchtigkeit erwarten läßt, Harzkitt; bei Hilfsstücken von Metall Blei, Kitt, Zement, Schwefel, Gips, Asphalt. Eisenklammern kann man außerdem noch dadurch zum festen Anschluß an die Steine bringen, daß man sie vor dem Einsetzen erhitzt; beim Erkalten ziehen sie sich zusammen und pressen hierdurch die zu verbindenden Stücke aneinander.

Das Blei ist zwar teuer, aber zu dem angegebenen Zweck vorzüglich geeignet. Es wird geschmolzen und in das vorher sorgfältig zu trocknende Loch um das Metallstück gegossen. Beim Erkalten zieht es sich zusammen, legt sich infolgedessen fest an die Klammerfüße oder Dübel an, löst sich aber gleichzeitig vom Steine los. Damit die so entstehenden Hohlräume nicht verbleiben, muß das Blei mittels eines Stemmeisens nachgekeilt werden. Diese letztere nicht zu veräußernde Arbeit läßt das Blei nur da anwendbar erscheinen, wo man dieselbe auch ausführen kann, also nur bei Klammern und an einem der Dübelenden. Sie müßte also beim zweiten Dübelende unterlassen werden, weil dieses nur durch einen Gußkanal nach dem Versetzen des zweiten Steines umfüllt werden kann. Die vorgeschlagene Füllung der sich bildenden Höhlungen mit Zement ist nicht zu empfehlen, weil nach neueren Erfahrungen Zement und Kalk bei Zutritt von Feuchtigkeit und Luft rasch zeretzend auf das Blei einwirken sollen.

Von den Kitten kommen zur Anwendung Rostkitt (Gemenge von Kalk, Zement oder Gips mit Eisenfeilspänen), Harzkitt (hergestellt aus Pech, Schwefel und feinem Quarzand oder Ziegelmehl) und Oelkitt (z. B. bereitet aus Bleiglätte, Kalkhydrat und Leinölfirnis). Die Kitt sind zum Teile recht gut, oft auch teuer und können meist, wie das Blei, nur da angewendet werden, wo man sie fest in die Löcher eindrücken kann.

Sehr gut bewährt hat sich der Portlandzement, namentlich für die Befestigung von Eisen in Stein. Unter der Umhüllung von dichtem Zementmörtel rostet das

⁶⁹⁾ Ein lehrreiches Beispiel hierfür bietet: *The Chickens rock lighthouse. Engineer*, Bd. 47, S. 356.

⁷⁰⁾ In: *Revue gén. de l'arch.* 1882, S. 51.

Eisen anfänglich nur sehr wenig, wird aber durch dieselbe vor dem weiteren Rosten geschützt. Um gute Erfolge zu erzielen, muß man dem Zement die nötige Zeit und Ruhe zur völligen Erhärtung lassen; man darf ihn aber auch nicht ohne Sandzusatz verwenden, da sonst erhebliche Gefahren für die Konstruktionen entstehen können ⁷¹⁾.

Den Schwefel, der sich sehr bequem an allen Stellen anwenden läßt, sehr rasch fest wird und außerordentlich wetterbeständig ist, betrachtet man trotzdem für die Befestigung von Eisen mit einem gewissen Mißtrauen, weil sich unter Einwirkung der Luft Schwefeleisen bilden, infolge der dabei eintretenden Volumvermehrung die Steine auseinander treiben und außerdem dieselben auch braunrot färben soll. Es wird zur Verhütung dieser Uebelstände empfohlen, bei der Anwendung von Schwefel denselben weit über den Schmelzpunkt zu erhitzen, bis er eine tiefbraune Farbe annimmt. Zweckmäßig ist es, Stein und Eisen vor dem Vergießen etwas zu erwärmen. Zur Befestigung von Eisen in Stein hat sich auch das Verfahren bewährt, ein Gemenge von Schwefel und Eisenfeilspänen mit Essig zu übergießen, wodurch sich eine sich selbst erhaltende Masse ergibt, welche sich zum Vergießen eignet und nach dem Erkalten hart wird.

Der Gips ist ebenfalls sehr bequem zu verwenden und wird auch sehr rasch fest, ist aber nicht wetter- und wasserbeständig und daher nur im Trockenem brauchbar. Aber auch da befördert er beim Eisen die Rostbildung, so daß er jedenfalls nur dann benutzt werden sollte, wenn auf große Dauerhaftigkeit der Verbindung kein besonderer Wert gelegt wird.

Asphalt schützt zwar das Eisen vortrefflich, bekommt aber zu wenig eigene Festigkeit, um Bewegungen der Verbindungsstücke zu verhindern. Er ist deswegen auch nur dort anzuwenden, wo die Einwirkung von Kräften und, da er leicht schmelzbar ist, auch die von Hitze ausgeschlossen ist.

Die leichte Vergänglichkeit von Holz und Eisen, ebenso die Gefahr, welche durch die Volumvergrößerung dieser Materialien beim Quellen, bezw. Rosten herbeigeführt wird, machen besondere Vorichtsmaßnahmen bei Verwendung derselben notwendig. Es erstrecken sich diese auf den Ort der Verwendung und auf die Behandlung der Oberflächen der Verbindungsstücke.

Holz sowohl, als Eisen sollten nur an solchen Stellen zur Anwendung gelangen, wo sie den Einwirkungen der Luft und der Feuchtigkeit entzogen sind, also an voraussichtlich trocken bleibenden Orten und möglichst tief in den Mauern. Aber auch da sind die betreffenden Konstruktionsteile den Einwirkungen der Mörtelfeuchtigkeit ausgesetzt, bis dieselbe, was oft recht lange dauert, verdunstet ist. (Der trocken gewordene Mörtel wird weiterhin dann schützend wirken.) Es ist demnach in allen Fällen angezeigt, die Oberfläche der Holz- und Eisenstücke weniger empfindlich zu machen.

Bei Holz, welches vor der Verwendung schon ganz trocken sein sollte, ist tüchtiges Auskochen zu empfehlen, desgleichen Tränken mit heißem Leinölfirnis.

Für den Schutz des Eisens kommen mannigfaltige Mittel in Anwendung. Solche Schutzmittel sind: Eintauchen der noch heißen Eisenstücke in Schmiedepech oder Oelfirnis; besser Ueberzug mit heißem Asphalt; Anstrich mit Asphaltlack; ver-

⁷¹⁾ Ueber die durch Zementmörtel am *Stefans-Dom* in Wien verursachten Zerstörungen vergl.: *Centralbl. d. Bauverw.* 1889, S. 16. — *Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver.* 1889, S. 126. — *Baugwksztg.* 1889, S. 22, 90, 221, 543. — *Thonind.-Zeitg.* 1890, S. 486.

schiedene Metallüberzüge. Die letzteren sind im allgemeinen das empfehlenswerteste Schutzmittel. Unter ihnen ist am besten, allerdings auch am teuersten, das Verkupfern oder Verbleien. Häufiger wird das Verzinnen oder Verzinken angewendet, und zwar ist das letztere dem ersteren entschieden vorzuziehen, weil die geringste Verletzung oder Unvollständigkeit des Zinnüberzuges das Rosten geradezu befördert.

Litteratur.

Bücher über »Konstruktionselemente in Stein« und »Mauerwerkskunde«, fowie über »Steinhauerarbeit« und »Steinschnitt«.

- BOSSE, A. Kunstrichtig und probmäßige Zeichnung zum Steinhauen in der Baukunst. Aus dem Franz. von DES ARGUES. Nürnberg 1699.
- DE LA RUE, J. B. *Traité de la coupe des pierres*. Paris 1728. — 3. Aufl. 1858.
- FREZIER. *La théorie et la pratique de la coupe des pierres etc.* Straßburg 1737—39.
- LUCOTTE. *L'art de maçonnerie*. Paris 1783.
- MATTHAEY, C. Handbuch für Maurer etc. Ilmenau 1824. — 5. Aufl.: Die praktischen Arbeiten und Baukonstruktionen des Maurers und Steinhauers etc. Weimar 1879.
- DOULIOT, J. C. *Traité spécial de la coupe des pierres*. Paris 1825. — 2. Aufl. 1862. — Deutsch von C. F. DEYHLE. Stuttgart 1826.
- HÖRNIG, G. S. Theoretisch-praktisches Handbuch der verschiedenen Maurerarbeiten etc. Leipzig 1836.
- ROMBERG, J. A. Die Steinmetz-Kunst in allen ihren Theilen. Magdeburg 1837.
- ADHÉMAR, A. J. *Traité de la coupe des pierres*. Paris 1837. — Deutsch von O. MÖLLINGER. Solothurn 1842.
- ROMBERG, J. A. Die Mauerwerks-Kunst in allen ihren Theilen. Wien 1838.
- RINGLEB, A. Lehrbuch des Steinschnittes der Mauern, Bogen, Gewölbe und Treppen. Berlin 1844.
- TOUSSAINT DE SENS. *Manuel de la coupe des pierres*. Paris 1844.
- LEROY, CH. F. A. *Traité de stéréotomie etc.* Paris 1844. — Deutsch von E. F. KAUFFMANN. Stuttgart 1847.
- MENZEL, C. A. Der praktische Maurer etc. Halle 1846. — 9. Aufl.: Der Steinbau. Von F. HEINZERLING. Fulda 1893.
- Grundlage der praktischen Baukunst. I. Teil. Maurerkunst etc. 4. Aufl. Berlin 1850.
- CLAUDEL, J. & L. LAROQUE. *Pratique de l'art de construire. Maçonnerie etc.* Paris 1850. — 4. Aufl. 1870. — Deutsch von W. HERTEL. Weimar 1860.
- WEDEKE, J. C. & J. A. ROMBERG. Die Mauerwerksarbeiten. Leipzig 1853.
- HARRES, B. Die Schule des Maurers etc. Leipzig 1856. — 5. Aufl. von E. HARRES. 1881.
- HARRES, B. Die Schule des Steinmetzen etc. Leipzig 1857. — 2. Aufl. 1866.
- FREISCHINGER & BECKER. Systematische Darstellung der Baukonstruktionen. — Die Mauerwerks- oder Steinkonstruktionen. Berlin 1862—64.
- BRAND, C. v. Praktische Darstellung des Ziegelverbandes nach einfachen, allgemeinen, bisher unbekanntem Gefetzen. Berlin 1864.
- DEMANET, A. *Guide pratique du constructeur; maçonnerie*. Paris 1864.
- MENZEL, C. A. Das Mauerwerk und der Mauerverband etc. Herausg. u. verm. von C. SCHWATLO. Halle 1866.
- LAVIT, PÈRE ET FILS. *Traité de la coupe des pierres*. Marseille 1866.
- MÖLLINGER, C. Elemente des Steinbaues etc. Heft 1: Konstruktionen des Bruchstein- und Quaderbaues. Halle 1869.
- MÖLLINGER, C. Baukonstruktions-Vorlagen der Baugewerkschule zu Höxter. — Heft 1 u. 2: Mauerkonstruktionen. Höxter 1880. — Heft 3: Konstruktionen des Bruchstein- und Quaderbaues. Halle 1870.
- WEHRLE, J. Projective Abhandlung über Steinschnitt etc. Zürich 1871—74.
- MÜLLER, H. Die Maurerkunst. Leipzig 1875.
- HOFFMANN, E. H. Die Bauten von Stein. Leipzig 1875. — 3. Aufl. Deutsche bautechnische Taschenbibliothek, Heft 7. 1884.
- HAMMOND, A. *Rudiments of practical bricklaying etc.* London 1875.

- SCOTT BURN. *Building construction, showing the employment of brickwork and masonry in the construction of buildings.* Glasgow 1876.
- BEHSE, W. Die praktischen Arbeiten und Baukonstruktionen des Maurers und Steinbauers. Weimar 1869. — 6. Aufl. 1893.
- DIESENER, H. Praktische Unterrichtsbücher für Bautechniker. Bd. 4: Die Baukonstruktionen des Maurers etc. Leipzig 1887. — 2. Aufl. 1892.
- WARREN, S. E. *Stereotomy: problems in stone cutting etc.* New-York 1876.
- Vorlegeblätter der Baugewerkschule zu Holzminden. Mauer-Construktionen. Leipzig 1879.
- HERDEGEN, F. & A. RANCHNER. Vorlagen für den bautechnischen Unterricht an der Kgl. Industrieschule etc. zu München. A. Bauconstructionslehre. Lief. 1 u. 2. München 1880.
- MONDUIT, L. *Étude pratique de la stéréotomie ou coupe des pierres.* Paris 1880.
- SCHMIDT, O. Neuere Bauformen des Ziegel-, Quader- und Holzbaues. 1. Lief.: Der Verband der Mauersteine. Berlin 1881.
- SCHAUPENSTEINER. Die Lehre vom Bauverband etc. Leipzig 1882.
- Praktische Unterrichtsbücher für Bautechniker. IV: Die Bauconstruktionen des Maurers etc. Von H. DIESENER. Halle a. S. 1887.
- SCHMIDT, O. Praktische Baukonstruktionslehre. Bd. II: Die Arbeiten des Maurers. Jena 1887.
- BAKER, J. O. *A treatise on masonry construction.* New-York 1890.

2. Abschnitt.

Konstruktionselemente in Holz.

Von Dr. F. HEINZERLING.

1. Kapitel.

Holzverbände.

111.
Zweck.

Der Holzverband bezweckt diejenige Verbindung von Balken, Bohlen und Brettern, welche die Herstellung der verschiedenen Holzkonstruktionen eines Bauwerkes aus dem Gebiete des Hochbaues erfordert. Das von Nadelhölzern oder Laubhölzern gewonnene Bauholz wird im Hochbau als Rundholz, Kantholz und Schnittholz verarbeitet. Das stärkste Rundholz hat 35 bis 45^{cm} Zopfstärke bei 10 bis 16^m Länge. Das meist durch Zerfägen, selten durch Beschlagen gewonnene Kantholz kommt, je nachdem der Stamm nur ein Kantholz liefert oder in 2, 4 oder 6 Kanthölzer zerlegt wird, als Ganzholz, Halbholz, Kreuzholz und Sechstelholz vor und erhält Querschnittsabmessungen von 10 bis höchstens 40^{cm} und Längen von 10 bis höchstens 15^m. Das Schnittholz kommt teils als Bohlen in Stärken von 5 bis 10^{cm}, mit Breiten von 25 bis 40^{cm} und mit Längen von 3,00 bis 5,00, höchstens 7,50^m, teils als Bretter in Stärken von 1,5 bis 4,5^{cm}, mit Breiten von 15 bis 25^{cm} und mit Längen von 3,00 bis 4,50, höchstens 6,00^m, teils als Schrothölzer und als Latten zur Anwendung.

Wo diese Abmessungen zu Hochbaukonstruktionen von größerer Ausdehnung nicht ausreichen, bezweckt der Holzverband zur Herstellung der erforderlichen Längen-, Breiten- und Stärkenmaße zunächst:

a) die Verlängerung der Verbandstücke in wagrechter, lotrechter oder geneigter Richtung,

b) die Verbreiterung der Verbandstücke nach einer dieser Richtungen, oder

c) die Verstärkung der Verbandstücke durch Verbindung derselben in der Richtung ihrer Dicke.

Wo ferner die Hochbaukonstruktionen das Zusammensetzen von Verbandstücken unter rechtem, spitzem oder stumpfem Winkel, also eine Winkelverbindung erfordern, bezweckt der Holzverband entweder:

d) den Winkelverband in einer Ebene, oder

e) den Winkelverband in zwei oder in mehreren parallelen Ebenen.

Nach jedem vorliegenden besonderen Bedürfnisse bezweckt der Holzverband eine Verbindung nach einer Richtung, nach zwei oder nach drei zu einander

senkrechten Richtungen, wovon jede der ersten beiden Verbindungen eine verhältnismäßig feste und nur die letztere eine vollkommen feste Verbindung ist.

Jede Vereinigung zweier hölzerner Verbandstücke wird durch die dem jeweiligen Zwecke entsprechende Form ihrer Berührungsflächen oder Fugen, und zwar — je nachdem nur eine Verbindung oder eine Befestigung derselben nötig ist — ohne oder mit Anwendung besonderer hölzerner oder eiserner Befestigungsmittel bewirkt. Sowohl die Form der Fuge, als auch die Form und Lage des Befestigungsmittels hängen von der Festigkeit und der eigentümlichen Faserstruktur des Holzes ab. Während Zug- und Druckfestigkeit des Holzes nicht wesentlich verschieden sind, da letztere zwischen etwa $\frac{3}{4}$ bis $\frac{7}{8}$ der ersteren schwankt, so ist die Schubfestigkeit desselben sehr verschieden, je nachdem die Schubkraft parallel oder senkrecht zur Richtung der Fasern wirkt, da die erstere nur zu etwa $\frac{2}{7}$ der letzteren angenommen werden kann. Alle Holzverbände sind daher so anzuordnen, daß, wo möglich, nur die Druck- oder Zugfestigkeit des Holzes und seine Schubfestigkeit senkrecht zu seiner Faserrichtung zur Wirkung kommen und daß, wo seine Schubfestigkeit parallel zu seiner Faserrichtung in Anspruch genommen werden muß, Form und Maß der Fuge der verhältnismäßig geringeren Leistungsfähigkeit des Holzes vollkommen entsprechen.

Zur Erhöhung ihrer Dauer sind die Holzverbände möglichst so anzuordnen, daß das Eindringen von Feuchtigkeit in die Fuge, also das Entstehen von Fäulnis in derselben, thunlichst verhütet wird, oder man hat, wo das Eindringen von Nässe nicht zu verhindern ist, dieselben wenigstens so anzuordnen, daß die Nässe leicht abziehen kann und die Luft Zutritt hat, um das Austrocknen zu befördern.

Die Form der Fuge muß stets das An- oder Ineinanderfügen der Verbandstücke gestatten; sie stellt also, da die letzteren auf dem umgekehrten Wege auseinander genommen werden können, an und für sich eine Verbindung, nicht aber eine Befestigung her. Sie reicht für sich nur in den Fällen aus, wo das Verschieben nach einer oder nach zwei zu einander senkrechten Richtungen zu vermeiden ist, und gestattet in diesen Fällen, eine Verbindung herzustellen, welche die Befestigung der Verbandstücke ersetzt. Zur Verbindung von Balken und Pfählen, als Verbandstücken mit kurzen Fugen, dienen: der Stofs, das Blatt, die Verfassung, der Zapfen, die Klaue und der Kamm; zur Verbindung von Balken, Pfählen, Bohlen und Brettern, als Verbandstücken mit langen Fugen, dienen: das Säumen der Fugen, der Falz, die Verschränkung, die Verzahnung, die Spundung, die Verzapfung, die Verzinkung, Nut und Feder und das Anschäften, welche mit den erstgenannten Verbindungen verwandt, und zwar teils Verlängerungen, teils Wiederholungen derselben sind. Eine Uebersicht über diese Grundformen der Fuge, worin die verwandten Formen gegenüber gestellt sind, gibt die umstehende Tafel.

112.
Verbindungs-
weise.

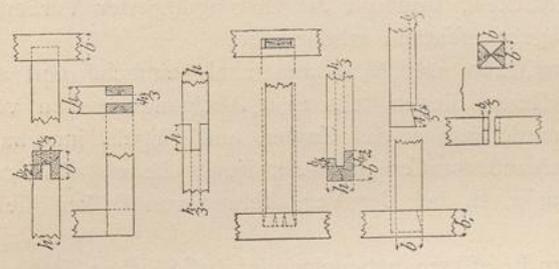
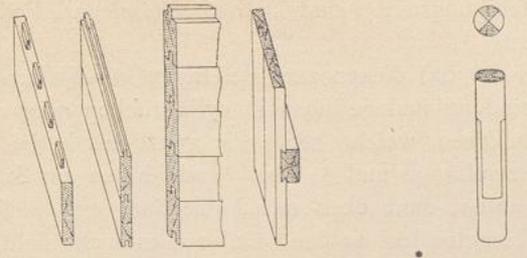
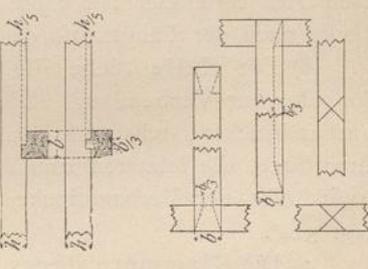
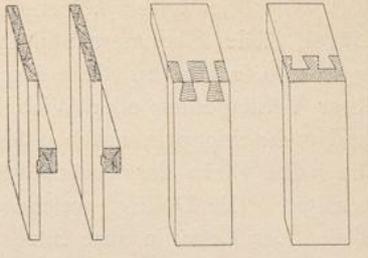
113.
Grundformen
der Fuge.

a) Befestigungsmittel.

Da die Form der Fuge für sich allein nicht ausreicht, um eine Befestigung der Verbandstücke herzustellen, so wendet man hierzu besondere Verbandstücke an, welche nach Maßgabe der an sie gestellten Anforderungen entweder aus hartem Holz oder aus Eisen, und zwar, je nach der Art ihrer Beanspruchung, aus Schmiedeeisen, aus Gusseisen oder aus beiden zugleich bestehen.

Grundformen der Fuge.

Kurze Fugen (Balken).		Lange Fugen (Bretter und Bohlen).	
Gerader Stofs	I	Stumpfe Fuge (Säumen)	Ia
Schräger Stofs	II	Schräge Fuge (Meißern)	IIa
Stofs auf Gehrung	III	Fuge auf Gehrung	IIIa
Gerades Blatt	IV	Falz (Verfäzung)	IVa
Schräges Blatt	V	Verfchränkung	VIa
Gerades Hakenblatt	VI	Verzahnung	IXa
Schräges Hakenblatt	VII	Keilspundung	Xa
Gerade Verfäzung	VIII		
Schräge Verfäzung	IX		
Gebrochene Verfäzung	X		
Einfache Verfäzung	XI		
Doppelte Verfäzung	XII		
Einfache Klaue	XIII		
Klaue mit Zapfen im Nest	XIV		
Klaue (Anklauen).			

Zapfen (Verzapfen).	Blattzapfen Schlitz- oder Scherzapfen Nutzapfen Keilzapfen Brutzapfen Weisfchwanzzapfen (mit Keil) Kreuzzapfen		XV XVI XVII XVIII XIX XX XXI	Verzapfung Nut und Feder Quadratspandung Nuten auf den Grat Anfchäffen	
Kamm (Verkammen).	Einfacher Kamm Doppelter Kamm Schwalbenfchwanzkamm Weisfchwanzkamm Kreuzkamm		XXII XXIII XXIV XXV XXVI	Nut und Feder Desgl. Verzinkung Verdeckte Verzinkung	

1) Befestigungsmittel aus Holz.

114.
Dollen.

Die wichtigsten hölzernen Befestigungsmittel sind Dollen, Dübel und Federn, Nägel, Keile, Klammern und Lafchen.

α) Die Dollen (siehe Fig. 274 u. 304) dienen zum Befestigen von Balken bei ihrer Verlängerung oder Winkelverbindung und bestehen in cylindrischen oder vier- und mehrseitig prismatischen Holzstückchen, welche bezw. die ganze bis halbe und die halbe Dicke der Verbandstücke zur Länge und $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{5}$ derselben zur Stärke erhalten. Die Dollen, welche erst unten, dann oben mit Anwendung von heißem Teer oder Leim in ihre Sitze fest eingetrieben werden, sind aufsen nicht sichtbar.

115.
Dübel.

β) Die Dübel (siehe Fig. 322 bis 324⁷²⁾ sollen das Verschieben aufeinander gelegter Verbandstücke nach einer Richtung verhindern und bestehen in prismatischen Holzstücken mit meist quadratischem oder rechteckigem, bisweilen doppelt schwalbenschwanzförmigem Querschnitt. Sie erhalten die halbe bis ganze Breite ihrer Verbandstücke zur Länge, je nachdem sie verdeckt oder äußerlich sichtbar sein sollen, ihre halbe bis viertel Höhe zur Breite und $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{6}$ dieser Höhe zur Dicke. Um die äußerlich sichtbaren Dübel beim Schwinden der Verbandstücke nachtreiben zu können, erhalten sie vorteilhaft die Form schlanker Keile.

116.
Nägel.

γ) Die Nägel (siehe Fig. 278, 289, 291, 297, 299 u. 300) dienen zum Befestigen von übereinander verlegten Verbandstücken und bestehen in vier- bis achtseitigen prismatischen Holzstückchen, welche bei einer Stärke von 1 bis 3 cm die Höhe beider Verbandstücke zur Länge erhalten und in vorher gebohrte Nagellöcher eingetrieben werden. Durch konische Erweiterung der Nagellöcher nach aufsen und durch Eintreiben kleiner Keile in die Hirnenden der Nägel lassen sich ihre Enden nach Art versenkter Nietköpfe verdicken, wodurch die Befestigung der Verbandstücke nach der Längsachse der Nägel wesentlich erhöht wird.

117.
Keile.

δ) Die Keile (siehe Fig. 279, 280 u. 296) kommen als einfache und als doppelte zur Verwendung. Die ersteren dienen teils zum Aneinanderpressen von Verbandstücken, teils zum Auseinandertreiben von Zapfen und Nägeln innerhalb ihrer Sitze, die letzteren zum Auseinanderpressen paralleler Fugen behufs dichterem Anschlusses der Verbandstücke, wie z. B. bei der Verdübelung von Balken (siehe Fig. 324).

118.
Klammern.

ε) Die Klammern dienen zum Befestigen nebeneinander befindlicher Verbandstücke und besitzen die Form eines doppelten Schwalbenschwanzes, welcher verdeckt oder äußerlich sichtbar eingelegt wird, die Hälfte seiner Länge zur Breite und $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ seiner Breite zur Dicke erhält.

2) Befestigungsmittel aus Eisen.

Die wichtigsten eisernen Befestigungsmittel sind Schrauben, Nägel, Klammern, Schienen, Ringe, Anker und Hängeeisen.

119.
Schrauben.

ζ) Die Schrauben dienen zum dichten Aneinanderpressen der Verbandstücke. Bei Balken und starken Bohlen wendet man Kopfschrauben (Schraubenbolzen), bei schwachen Bohlen und Brettern fog. Holzschrauben an.

α) Die Schraubenbolzen (siehe Fig. 285, 287 u. 320 bis 330) erhalten Längen und Dicken, welche bezw. der Stärke der Verbandstücke und dem erforderlichen Grade der Zusammenpressung entsprechen müssen und in den einzelnen Fällen verschieden sind. Ueber die zu wählenden Abmessungen der Bolzen, Köpfe, Muttern

⁷²⁾ Siehe die Fußnote 66 auf Seite 88.

und Unterlagsplättchen ist im folgenden Abschnitt (Kap. 1, unter b) das Erforderliche zu finden.

b) Die Holzschrauben erhalten, je nachdem sie versenkt werden sollen oder nicht, bezw. einen umgekehrt konischen oder fast halbkugelförmigen Kopf, welcher jederzeit mit einem Einschnitte zum Einfsetzen des Schraubenziehers versehen ist, und eine schlank konische Spindel mit Schraubengängen, welche im Querschnitt ein rechtwinkeliges, meist gleichschenkeliges Dreieck zeigen.

η) Die Nägel (siehe Fig. 271, 277, 310 u. 317) dienen ebenfalls zum Aneinanderpressen der Verbandstücke, erhalten je nach ihrem besonderen Zwecke schlanke, keilförmig zulaufende Schäfte mit dreieckigem, rechteckigem oder quadratischem Querschnitt oder cylindrische Schäfte und höhere pyramidenförmige, halbkugelförmige, flache oder konische Köpfe von quadratischer, ovaler oder runder Grundform. Hiernach unterscheidet man die Nägel im engeren Sinne, die Spieker, die Querköpfe, und die gewöhnlich aus ungeglühtem Eisendraht maschinell hergestellten Drahtstifte. Die größeren Nägel (Leifnägeln), welche zur Befestigung der größeren Verbandstücke dienen und auf besondere Bestellung bis zu 50 cm Länge und darüber geschmiedet werden, sind in Längen von 15 bis 30 cm im Handel, während die kleineren Nägel, Spieker und Querköpfe, je nachdem sie zum Befestigen von Bohlen oder Brettern dienen, Längen von 5 bis 15 cm und die Drahtstifte Längen von 1 bis 20 cm bei 0,25 bis 6,00 mm Schaftdurchmesser erhalten.

120.
Nägel.

θ) Die Klammern (siehe Fig. 270 u. 276) dienen teils zum Zusammenhalten zweier gestossener Balkenstücke und bilden dann förmig gebogene, sog. Hakenklammern mit 20 bis 40 cm langem Zwischenstück und kürzeren, entweder spitzen Enden (Fig. 270), welche mit dem Hammer eingetrieben, oder stumpfen Enden, welche paarweise sich gegenüber eingelassen und durch Schrauben angezogen werden, teils zum Festhalten anderer Befestigungsstücke mit 5 bis 10 cm langem Zwischenstück und mindestens ebenso langen spitzen Enden (Fig. 276).

121.
Klammern.

ι) Die Schienen (siehe Fig. 272, 277 u. 281) dienen ebenfalls zum Zusammenhalten gestossener Balken und bestehen aus Flacheisen, welche paarweise einander gegenüber auf die Balken gelegt oder in dieselben eingelassen und entweder festgenagelt oder durch Schraubenbolzen angezogen werden.

122.
Schienen.

Die Stärke jener Hakenklammern und dieser Schienen, sowie die erforderliche Zahl und Stärke der Schraubenbolzen und Nägel hängen von dem Zuge ab, welchen ein Balken auf den anderen übertragen soll und welchem die ersteren mit ihrer Zugfestigkeit, die letzteren mit ihrer Schubfestigkeit zu widerstehen haben.

κ) Die Ringe (siehe Fig. 274 u. 282) sind kreisförmig gebogene Flacheisen, welche entweder die Verschiebung gestossener, lotrechter Pfähle verhindern sollen und dann in dieselben eingelassen werden und aus einem Stück bestehen, oder die durch Ueberblattung oder Verzapfung verbundenen Pfähle zusammenhalten sollen und dann aus je zwei durch ein Gelenk verbundenen Hälften bestehen, welche in die Stämme eingelassen und durch ineinander greifende Oesen und Stifte zusammengehalten werden.

123.
Ringe.

λ) Die Anker, welche zur Verbindung der Balken mit dem Mauerwerk dienen, die sog. Gebälk- oder Balkenanker, bestehen aus Flacheisen, welche an dem im Mauerwerk steckenden oder auferhalb der Mauer befindlichen Ende mit der zur Aufnahme eines eisernen Splintes erforderlichen Oese versehen, am anderen, dem Balken anliegenden Ende etwas übergebogen und durch Nägel nebst Klammer mit

124.
Anker.

dem Balken fest verbunden sind. (Ueber Einzelheiten in der Gestaltung solcher Anker siehe den nächsten Abschnitt, Kap. 5.)

125.
Hängeeisen.

μ.) Die Hängeeisen (siehe Fig. 360, 367, 369 u. 372), welche zur Verbindung lotrechter und wagrechter Balken dienen, werden an die ersteren (Hängefäulen) ebenso wie die Schienen, und zwar mittels der erforderlichen Zahl von Schraubenbolzen, angeschlossen, während sie unten entweder unmittelbar verbunden sind, also aus einem Stücke bestehen, oder in Schraubenspindeln endigen, durch welche je ein die wagrechten Balken unterstützendes eisernes Querplättchen gesteckt und mittels je zweier starker Muttern angezogen wird. Nur wenn die Hängefäulen durch eine meist runde Hängefange (siehe Fig. 363) ersetzt werden, läßt man dieselbe durch die Unterzüge reichen, verfißt sie unten mit einer Spindel und unterstützt die letzteren durch einen kurzen schmiedeeisernen Sattel, welchen man mittels einer Mutter anzieht.

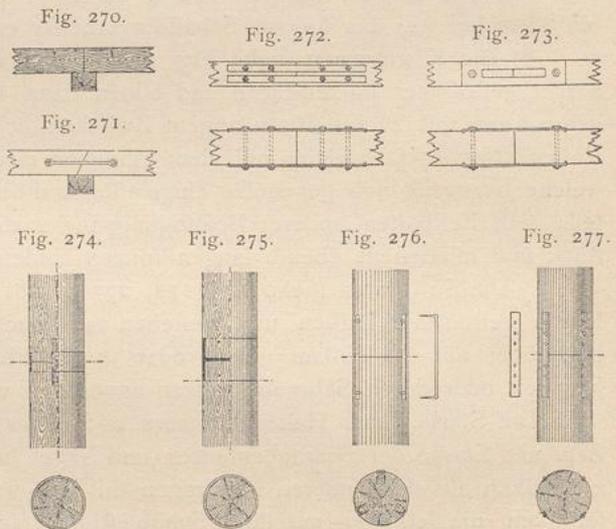
b) Holzverbände.

1) Verlängerung der Verbandstücke (Balken).

126.
Gerader
und schräger
Stofs.

α) Der gerade Stofs (I⁷³) dient zur wagrechten und lotrechten Verlängerung; er fordert im ersteren Falle eine Unterstüttung an der gestofsenen Stelle und widersteht nur einem Druck nach der Längsachse der gestofsenen Balken oder Pfähle. Das

seitliche Verschieben und das Auseinanderziehen derselben werden durch Anwendung von eisernen Klammern (Fig. 270), Schienen und von Platten mittels Schraubenbolzen (Fig. 272 u. 273) verhindert. Bei der lotrechten Verlängerung oder beim Aufpfropfen von Pfosten und Pfählen wird der gerade Stofs in Verbindung mit eingelassenem schmiedeeisernem Ringe und hölzernen oder eisernen Dollen (Fig. 274), mit gusseisernem Zwischenstück (Fig. 275), mit mehreren schmiedeeisernen Klammern (Fig. 276) oder mit mehreren schmiedeeisernen



Schienen, welche über den Stofs genagelt und, zur Vermeidung von Verbiegungen durch Druck und Stofs, mit nach der Längsachse ovalen Nagellöchern versehen werden (Fig. 277), angewendet. Diese Verbindungen eignen sich besonders zum Aufpfropfen von Rammpfählen für Pfahlrostgründungen, weil sie die Pfähle beim Einrammen am meisten gegen das Spalten oder Splittern schützen.

β) Der schräge Stofs (II) dient zur wagrechten Verlängerung, erhält eine Neigung von 2:1, leistet übrigens nicht mehr, als der gerade Stofs, und wird meist durch die bei diesem angeführten eisernen Befestigungsmittel gegen seitliches Verschieben und Auseinanderziehen nach der Längsachse der Balken gesichert (Fig. 271).

⁷³) Die eingeklammerten römischen Zahlen verweisen auf die ihnen entsprechenden Nummern der Tabelle »Grundformen der Fuge« auf S. 96 u. 97.

γ) Das gerade Blatt (IV) dient zur Verlängerung wagrechter Verbandstücke, welche sich bei einer Stärke von derselben Balkenhöhe wechselseitig um das Doppelte der Balkenhöhe übergreifen und durch hölzerne, etwas versetzte Nägel befestigt werden. Hierbei hebt sich das gerade Blatt mit schrägen Hirnschnitten (Fig. 278) weniger leicht aus, als dasjenige mit geraden Schnitten. Beide bedürfen einer Unterfützung unter der Verbandstelle und werden nur zur Verbindung höherer Balken verwendet.

Fig. 278.



δ) Das schräge Blatt (V) wird, wie das gerade, nur bei niedrigeren Balken angewendet, erhält jedoch das Dreifache der Balkenhöhe zum Uebergreif, während die lotrechten Einschnitte nur $\frac{1}{6}$ derselben betragen. Auch hier erfolgt eine Befestigung durch versetzte Holznägel.

ε) Das gerade Hakenblatt (VI) mit geraden oder schrägen Hirnschnitten bezweckt die Verlängerung wagrechter Verbandstücke, welche zugleich dem Auseinanderziehen widerstehen sollen und, wenn noch das seitliche Verschieben derselben verhindert werden soll, durch hölzerne Nägel befestigt werden. Auch das gerade Hakenblatt mit schrägen Hirnschnitten, welches statt der Holznägel einen Doppelkeil (Fig. 279)

Fig. 279.

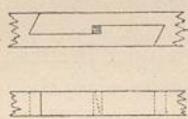
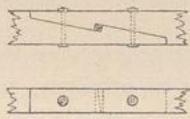


Fig. 280.



erhält, verhindert gleichzeitig Aushebung und seitliche Verschiebung.

ζ) Das schräge Hakenblatt (VII) wird zu demselben Zwecke, wie das gerade, und zwar ohne und mit Doppelkeil, angewendet. Besonders im ersteren Falle befestigt man die Verbandstücke mit je zwei Holznägeln oder besser mit je zwei Schraubenbolzen (Fig. 280).

Die beiden zuletzt genannten Verbindungen lassen sich vom Zimmermann leicht mittels Winkeleisen, Säge und Beil herstellen, während Längenverbindungen, wie das sog. verdeckte Hakenblatt und der verborgene Hakenkamm mit schrägen Schnitten, die Anwendung des Stemmeisens erfordern und gleichwohl nicht mehr oder nicht weniger als jene leisten.

Fig. 281.

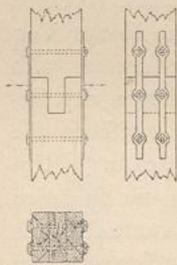
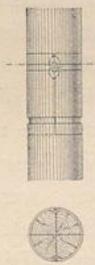


Fig. 282.



η) Der Nutzapfen (XVII) dient zur lotrechten, fultener zur wagrechten Verlängerung beschlagener Pfosten oder Balken, welche durch hölzerne Nägel, besser durch schmiedeeiserne Schienen in Verbindung mit Schraubenbolzen aneinander befestigt werden (Fig. 281).

θ) Der Kreuzzapfen (XXI) wird ausschließlich zur lotrechten Verlängerung von Pfählen, und zwar in Verbindung mit den unter den Befestigungsmitteln erwähnten zweiteiligen Ringen (Fig. 282) verwendet und eignet sich besser zum Aufpfropfen von Pfählen mit ruhender Belaftung, als von Rammpfählen, da er das Spalten und Splittern derselben befördert.

2) Verbreiterung der Verbandstücke (Bretter und Bohlen).

α) Die gerade oder stumpfe Fuge (Ia), die mit dem Handfughobel durch das »Fugen« oder »Säumen« hergestellt wird und dem geraden Stofs entspricht, gestattet zwar das dichte Aneinanderlegen der Bohlen und Bretter auf geeigneter Unterlage, erfordert aber zu ihrer Befestigung innerhalb der Fuge, abgesehen von der bei Brettern üblichen Verleimung oder schrägen Nagelung, die Anwendung hölzerner Dollen oder Dübel.

127.
Gerades
und schräges
Blatt.

128.
Gerades
und schräges
Hakenblatt.

129.
Nut- und
Kreuzzapfen.

130.
Gerade
und schräge
Fuge.

β) Die schräge oder spitze Fuge (IIa) entspricht dem schrägen Stofs, wird mittels des Hobels durch das »Messern« hergestellt, jedoch nicht spitzer als unter einem Winkel von 45 Grad, und gestattet zwar eine lotrechte Nagelung, aber nicht die Verbindung mit Dollen oder Dübeln.

^{131.}
Falz.

γ) Der Falz (IV a) entspricht dem geraden Blatt, bildet also eine gebrochene Fuge, deren Breite und Tiefe gewöhnlich der halben Bohlenstärke gleich kommen. Das Falzen (die Ueberfalzung, die halbe Spundung) bezweckt das Schliessen der Fuge durch Uebergreifen der Verbandstücke und wird bei wagrechter und geneigter Lage, sowie bei lotrechter Stellung von Brettern angewendet.

^{132.}
Spundung.

δ) Die Spundung entspricht der Verzäpfung und bezweckt das Ineinandergreifen der Verbandstücke mittels einer Vertiefung (Nut) und einer Erhöhung (Spund), welche genau ineinander greifen müssen. Je nachdem dieser Spund drei- oder rechteckig ist, unterscheidet man die Keilspundung (Xa) und die Quadratspundung (XVIIa), wovon die erstere in verschiedenen Formen vorkommt, die letztere zur Verbindung von Brettern und Bohlen (Spundwände) Anwendung findet (siehe Fig. 313 bis 316 u. Fig. 318).

^{133.}
Nut und
Feder.

ε) Nut und Feder (XVb) dienen zur Verbindung von Bohlen oder Brettern, welche an den Seiten sämtlich durchgehende Nuten erhalten, in welche eine ebenfalls durchgehende, aus härterem Holze oder aus starkem Zinkblech bestehende Feder eingeschaltet wird.

3) Verstärkung der Verbandstücke (Balken).

^{134.}
Verschieben-
heit.

Die Verstärkung von Balken gestaltet sich verschieden, je nachdem sie in wagrechter und geneigter Lage oder in lotrechter Stellung belastet werden sollen.

Werden zwei Balken der Länge nach wagrecht übereinander gelegt und symmetrisch so belastet, daß sie sich durchbiegen, so verschieben sich ihre Berührungsflächen in der Balkenmitte nicht und von da nach beiden Seiten um so mehr, je näher sie den Balkenenden rücken, wo diese Verschiebung ihr Höchstmaß erreicht. Werden nun jene Balken an ihren Berührungsflächen so verbunden, daß eine solche Verschiebung nicht eintreten kann, so wird zugleich ihre Durchbiegung erschwert, also ihre Tragfähigkeit vermehrt. Dieser Zweck wird teils durch die Form der Berührungsfläche (Verzahnung), teils durch Dübel erreicht, welche man zwischen die beiden Balken schiebt und in dieselben etwas eingreifen läßt (Verdübelung). Um den dichten Anschluß der Balken aneinander zu bewirken, werden sie in allen diesen Fällen durch Schraubenbolzen gegeneinander geprefst, welche zugleich ihrer Verschiebung entgegenwirken, überhaupt die anfangs getrennten Balken so verbinden sollen, daß sie als ein einziger Balken wirken.

^{135.}
Verzahnung.

α) Die Verzahnung (IX a). Die Zähne erhalten eine Länge von 0,8 bis 1,0 und eine Höhe von 0,1 der ganzen Balkenstärke (siehe Fig. 320 u. 321) und werden zum Zwecke des genauen Ineinandergreifens sorgfältig abgehobelt. Wo infolge ungenauer Arbeit zwischen den einzelnen Zähnen Lücken bleiben, pflegt man dieselben durch seitliches Eintreiben schlanker Keile von hartem Holze auszufüllen, ein Mittel, welches man gleichzeitig zu dem Zwecke anwendet, um das Ineinanderpressen der Zähne an ihren Hirnflächen zu verhindern. Da bei und nach dem Eintreiben der Keile Langholz auf Hirnholz drückt und die Keile ihrer Breite nach allmählich schwinden und dann wegen des Widerstandes der Schraubenbolzen kaum mit dem gewünschten Erfolge nachgetrieben werden können, so empfiehlt es sich, statt der hölzernen Keile

hinreichend breite Plättchen aus Zink-, Kupfer- oder Eisenblech zwischen die Hirnholzflächen der Zähne zu legen, diese letzteren aber mit möglichster Genauigkeit zu bearbeiten. Da indes das allseitige dichte Ineinandergreifen der Zähne schwer zu erreichen ist und die Verzahnung überdies eine Schwächung der Balken um 0,2 ihres Gesamtquerschnittes mit sich bringt, so ersetzt man die Verzahnung häufig durch

β) die Verdübelung (siehe Fig. 322 bis 324). Die Dübel, welche die Stelle der Zähne vertreten und samt ihren Sitzen sich leichter, wie die letzteren, genau bearbeiten lassen, sind prismatische, besser schwach keilförmige Stücke aus hartem Holze, welche man in das Innere der Balken, also verdeckt, einlegt oder besser, um sie längs der vollen Breite der Balken wirken zu lassen, über die Seitenflächen der Balken etwas hervorragend läßt. Man verlegt sie teils parallel, teils geneigt zu den Berührungsflächen der Balken, indes, um das Ineinanderpfeifen an den lotrechten Berührungsflächen der Dübel und Balken möglichst zu verhindern, so, daß ihr Hirnholz auf dasjenige der Balken trifft. Die Dicke der Dübel wechselt in der Praxis zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{6}$ der gesamten Balkenhöhe. Länge und Verteilung der Dübel wechseln mit der Zahl und Abmessung der verdübelten Balken, sowie mit der Beschaffenheit der angewendeten Holzarten und ergeben sich aus der folgenden Berechnung.

136.
Verdübelung.

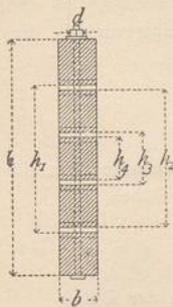
Die Dübel haben unter Einwirkung der wagrechten Schubkraft sowohl dem Zerdrücken, als dem Abscheren zu widerstehen; auch darf das Abscheren des zwischen zwei Dübeln befindlichen Balkenstückes nicht eintreten. Bezeichnen Q die in einem beliebigen Querschnitte wirkende Querkraft, \mathcal{J} das Trägheitsmoment des ganzen Querschnittes und $S_{z_1}^{a_1}$ das statische Moment des zwischen der äußersten und der im Abstände z_1 von der neutralen Achse gelegenen Faserschicht befindlichen Flächenteiles, so ist die wagrechte, auf die Längeneinheit wirkende Schubkraft ⁷⁴⁾

$$H = \frac{Q}{\mathcal{J}} S_{z_1}^{a_1}, \dots \dots \dots 1.$$

welche demnach sowohl von der äußersten nach der neutralen Faserschicht hin, als auch von der Trägermitte nach den Trägerenden hin zunimmt, daher in der neutralen Faserschicht und in den beiden über den Stützen befindlichen lotrechten Ebenen je ein relatives und da, wo jene neutrale Schicht und diese lotrechten Ebenen zusammentreffen, ihr absolutes Höchstmaß erreicht.

Für Träger aus mehreren verdübelten Balken von der Breite b und Gesamthöhe h , welche durch Schraubenbolzen vom Durchmesser d zusammengehalten sind, ergeben sich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 283 das Trägheitsmoment ⁷⁵⁾

Fig. 283.



$$\mathcal{J} = \frac{b-d}{12} [h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \dots], \dots \dots 2.$$

und das auf die neutrale Faserschicht bezogene statische Moment

$$S_{\frac{h}{2}} = \frac{b-d}{8} [h^2 - h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2 - \dots]; \dots \dots 3.$$

mithin, wenn die beiden Werte eingeführt werden, die in der neutralen Faserschicht wirkende Schubkraft

$$H = \frac{3}{2} Q \left[\frac{h^2 - h_1^2 + h_2^2 - h_3^2 + h_4^2 - \dots}{h^3 - h_1^3 + h_2^3 - h_3^3 + h_4^3 - \dots} \right], \dots \dots 4.$$

oder, wenn von der Verschwächung durch die zwischen den einzelnen Balken befindlichen Zwischenräume abgesehen werden kann, annäherungsweise

$$H = \frac{3}{2} \cdot \frac{Q}{h} \dots \dots \dots 5.$$

Diese Gleichung gilt für Träger mit zwei verdübelten Balken, bei welchen die Dübel längs der neutralen Faserschicht angeordnet sind. Bei Trägern mit drei verdübelten Balken wird für jede der beiden um $\frac{h}{6}$ von der neutralen Faserschicht abtfehenden Dübelschichten der Schubkraft

⁷⁴⁾ Nach Gleichung 74, S. 286 (2. Aufl.: Gleichung 56, S. 76; 3. Aufl.: Gleichung 89, S. 102) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses Handbuchs.

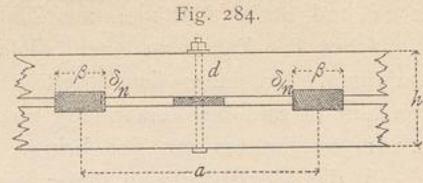
⁷⁵⁾ Nach Gleichung 43, S. 266 (2. Aufl.: Gleichung 19, S. 33; 3. Aufl.: Gleichung 19, S. 35) ebendaf.

$$H = \frac{4}{3} \cdot \frac{Q}{h} \dots \dots \dots 6.$$

Wird allgemein die wagrechte Schubkraft

$$H = a \cdot \frac{Q}{h} \dots \dots \dots 7.$$

gesetzt, so ist für den Fall des Gleichgewichtes, wenn m Schrauben mit der Reibung R auf den Abstand a je zweier



Dübel kommen, b die Breite der Balkens und $\frac{\delta}{n}$ den Eingriff eines Dübels in einen Balken bezeichnen, wenn das Zerdrücken des Balkens, bzw. Dübels nicht stattfinden soll, unter Hinweis auf Fig. 284

$$Ha - Rm = p \frac{b \delta}{n}, \dots \dots \dots 8.$$

worin p die kleinste zulässige Pressung für die Flächeneinheit bedeutet. Wird hierin der allgemeine Wert von H aus Gleichung 7 eingeführt und angenommen, daß der Querschnitt $\frac{\pi d^2}{4}$ jedes Schraubenbolzens die volle Zugfestigkeit s der Flächeneinheit auszuhalten hat, so ist, wenn μ den Reibungskoeffizienten von Holz auf Holz bezeichnet, die größte zulässige Entfernung der Dübel

$$a = \frac{h}{a Q} \left(p \frac{b \delta}{n} + \mu m s \frac{\pi d^2}{4} \right), \dots \dots \dots 9.$$

worin $\mu = 0,5$, $m = \frac{1}{2}$ und $d = \frac{b}{10}$ angenommen werden kann.

Wenn das Abfcheren des Dübels nicht stattfinden soll, so ist, wenn die durch den Bolzen erzeugte Reibung durch hölzerne Einlagen aufgehoben wird, wenn ferner v die Schubfestigkeit des Dübelholzes und β die Breite des Dübels bedeuten, für den Fall des Gleichgewichtes

$$Ha - Rm = v b \beta \dots \dots \dots 10.$$

Soll gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Dübel bestehen, so erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8 und 10 allgemein die Breite des Dübels

$$\beta = \frac{p}{v} \cdot \frac{\delta}{n}, \dots \dots \dots 11.$$

und, wenn $\frac{p}{v} = \frac{480}{80}$ gesetzt wird, für diesen besonderen Fall

$$\beta = 6 \frac{\delta}{n},$$

also gleich dem 6fachen ihres Eingriffes in einen Balken.

Damit das Abfcheren des zwischen zwei Dübeln befindlichen Balkenstückes nicht stattfinde, ist, wenn mit v seine Schubfestigkeit und mit β die Länge jedes Dübels bezeichnet wird,

$$Ha - Rm = v b (a - \beta); \dots \dots \dots 12.$$

daher darf nach Einführen der Werte H und R , wenn das Abfcheren der Dübel nicht eintreten soll, die Entfernung derselben höchstens

$$a = \frac{h}{a Q - v b h} \left(\frac{m \pi \mu s}{4} d^2 - v b \beta \right) \dots \dots \dots 13.$$

betragen.

Soll endlich gleiche Sicherheit gegen Zerdrücken und Abfcheren der Balken vorhanden sein, so erhält man durch Verbindung der Gleichungen 8 und 12 allgemein die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + \frac{p}{v} \cdot \frac{\delta}{n}; \dots \dots \dots 14.$$

mithin, wenn wieder $\frac{p}{v} = \frac{480}{60}$ gesetzt wird, für diesen besonderen Fall die Entfernung der Dübel

$$a = \beta + 8 \frac{\delta}{n}, \dots \dots \dots 15.$$

also gleich ihrer Breite, vermehrt um das 8fache ihres Eingriffes in einen Balken.

137. Verchränkung:

γ) Die Verchränkung (VIa) dient besonders zur Verstärkung lotrechter Verbandstücke, wie Eckpfoften und Hängesäulen, und erfordert das genaue Ineinandergreifen der Balken, wobei die rechteckigen Eingriffe die ein- bis zweifache

Länge und eine Dicke von je $\frac{1}{10}$ der ganzen Balkenstärke erhalten, während die zum festen Aneinanderchließen der Verbandstücke notwendigen Schraubenbolzen je nach der Beanspruchung der Balken durch die Mitte jedes oder jedes dritten Eingriffes gezogen werden.

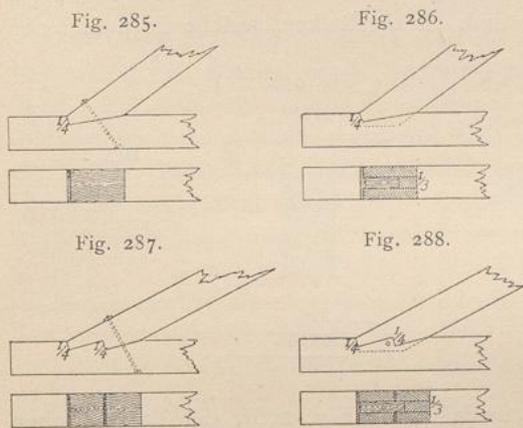
4) Winkelverband von Balken, Brettern und Bohlen in einer Ebene.

α) Der Stofs auf Gehrung (III) dient zur Verbindung von je zwei Brettern meist unter einem rechten Winkel, indem man ihre Enden unter einem Winkel von 45 Grad abschneidet und stumpf zusammenstößt. Als Befestigungsmittel dienen Leim oder Nägel, Dübel und Klammern. Zur Winkelverbindung von Brettern nach ihrer Länge dient die schräge Fuge.

138.
Gehrung.

β) Die Verfassung dient zum Zusammenfügen von Verbandstücken teils unter einem rechten, teils unter einem spitzen Winkel α . Im ersteren Falle unterscheidet

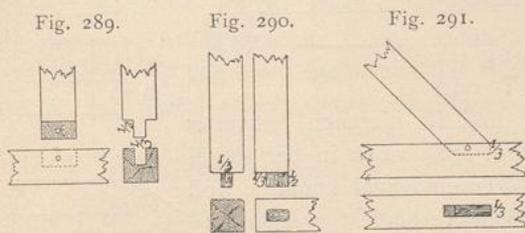
139.
Verfassung.



man die gerade (VIII), schräge (IX) und gebrochene (X) Verfassung ohne oder mit Zapfen, welche zu ihrer Befestigung eiserner Klammern oder Bänder bedürfen, im letzteren Falle die einfache (XI) und doppelte (XII) Verfassung, je nachdem sie bei minder oder mehr spitzen Winkeln angewendet wird. In beiden Fällen erhält die Verbindung entweder durch einen Zapfen mit Holznagel zur Vermeidung des Abhebens (Zapfenverfassung) oder durch einen schrägen Schraubenbolzen (Bolzenverfassung) ihre eigentliche Befestigung (Fig. 285 bis 288). Die Bolzenköpfe, welche man unten anbringt, erhalten hierbei entweder eine dem Winkel α entsprechende Neigung gegen die Bolzenachse, oder sie werden besser in den unteren Balken so eingelassen, daß sie parallel zu den oben angebrachten Muttern stehen.

γ) Der Zapfen oder die Verzapfung (XV bis XX) wird zu Winkelverbindungen sowohl in wagrechten, als auch in geneigten Ebenen angewendet und ist gerade oder schräge, wenn der von den Verbandstücken gebildete Winkel ein rechter oder spitzer ist.

140.
Verzapfung.



Der gerade Zapfen, sowie das zugehörige Zapfenloch erhalten eine Länge von der Hälfte der Breite und eine Dicke von $\frac{1}{3}$ der Höhe des Balkens, in welchen er eingreifen soll. Bei Befestigung dieser Verbindung durch Holznägel gibt man dem Zapfen eine etwas größere Länge (Fig. 289). Bei T-förmigen Balkenverbindungen erhält der gerade Zapfen die volle Breite des eingreifenden Balkens, während er bei L-förmigen Verbindungen, wie sie bei Eckpfeifen vorkommen, »geächfelt« wird, d. h. nur $\frac{2}{3}$ seiner vollen Breite erhält (Fig. 290).

Beim schrägen Zapfen samt dem zugehörigen Zapfenloch nimmt man den spitzen Winkel ϕ , das beide eine paralleltrapezförmige Gestalt erhalten (Fig. 291), gibt ihnen übrigens ähnliche Abmessungen, wie dem geraden Zapfen, je nachdem genagelt wird oder nicht. Hierher gehört auch der zum nachträglichen Einfügen von Winkelverbänden dienende Jagdzapfen (Fig. 338). Stark belasteten Balken, an welchen der gewöhnliche gerade Zapfen leicht abbrechen würde, gibt man einen Brustzapfen (Fig. 292 u. 293). Wenn die Verbandstücke sehr stark sind, so erhalten sie Doppelzapfen mit einer Dicke von je $\frac{1}{3}$ der Pfofen- oder Balkenlänge (Fig. 294).

Die einfachen und doppelten Blattzapfen oder Blockzapfen (Fig. 295 a u. b) erhalten solche Pfofen, die breiter sind, als die Balken, welche sie aufnehmen sollen. Mufs außer seitlicher

Verschiebung das Auseinanderziehen der Verbandstücke verhindert werden, so verwendet man, je nachdem der Zapfen durch das zweite Verbandstück hindurchgehen darf oder nicht, die Schwalbenschwanzzapfen oder Weifschwanzzapfen mit Keil (XX). Dieselbe Aufgabe hat auch der bei

Gründungen angewandte Keil- oder Grundzapfen (Fig. 296), der das Abheben der Rostschwellen von den Grundpfählen verhindern soll und in einem gewöhnlichen geraden Zapfen besteht, welcher nach Einführung in das nach oben schwalbenschwanzförmig erweiterte Zapfenloch durch Eintreiben eines einfachen oder doppelten Keiles nach oben schwalbenschwanzförmig so verbreitert wird, das er das Zapfenloch vollkommen ausfüllt. Der zu Eckverbindungen dienende Schlitz- oder Scherzapfen (Fig. 297) erhält $\frac{1}{3}$ der Stärke beider Verbandstücke zur Dicke und wird gewöhnlich durch je zwei nach der Diagonale angeordnete hölzerne Nägel befestigt.

δ) Das Blatt oder die Verblattung (IV bis VII) dient zur Verbindung winkel-, T- oder kreuzförmig zusammentreffender Balken und ist hiernach entweder einfach (Fig. 299 a u. b) oder doppelt (Fig. 298), wozu in der Regel noch eine Befestigung durch je einen hölzernen Nagel kommt. Soll zugleich das Auseinanderziehen der Balken verhindert werden, so verwendet man das Hakenblatt (Fig. 299 b u. c), das Weifschwanzblatt (Fig. 300 a u. c) oder das Schwalbenschwanzblatt (Fig. 300 a u. b), welche beiden letzteren entweder durchreichen oder nicht, d. h. mit »Brüstung« (Fig. 301 a, b, c) versehen werden. Um dieselben am Eingriff nicht zu sehr zu schwächen, erhalten sie nicht selten eine »Verfatzung« (Fig. 301 u. 302).

Fig. 292.

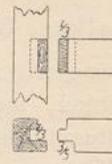


Fig. 293.

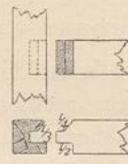


Fig. 294.

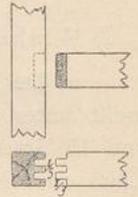


Fig. 295.

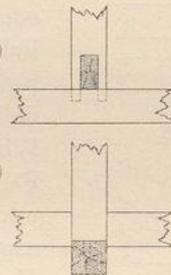


Fig. 296.

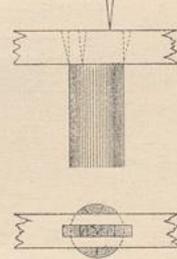


Fig. 297.

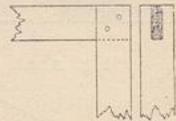


Fig. 298.

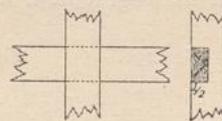
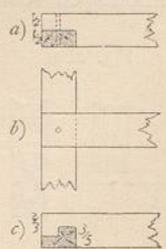
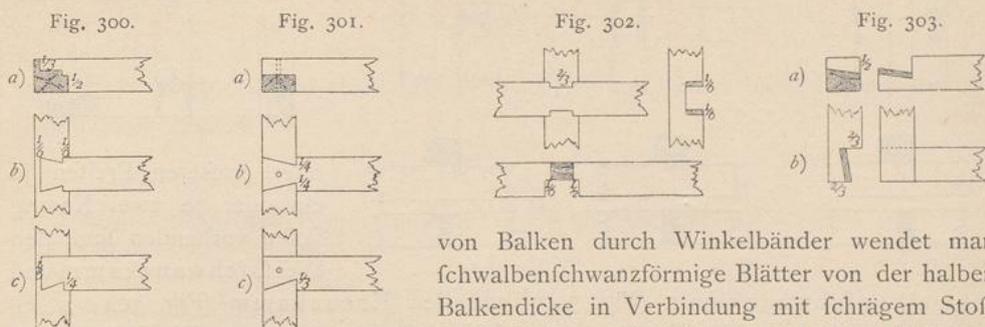


Fig. 299.



Um Eckverblattungen weniger leicht verschieblich zu machen, verwendet man nicht selten das Blatt mit schrägem Schnitt (Fig. 303 *a* u. *b*). Beim Aussteifen



von Balken durch Winkelbänder wendet man schwalbenschwanzförmige Blätter von der halben Balkendicke in Verbindung mit schrägem Stofs an, wobei man die ersteren noch durch hölzerne Nägel befestigt (Fig. 339).

e) Die Verzinkung (XXIV *a* u. XXIV *b*) dient meist zur rechtwinkligen Eckverbindung von Bohlen, bezw. Brettern und wird hergestellt, indem die Bretter an ihren Hirnenden mit Zähnen so versehen werden, daß sie zum Eingriff gebracht werden können und dann, meist mit Hilfe von Leim, eine feste Verbindung gebildet wird. Die Zähne sind meist parallelepipedisch, in welchem Falle sie die Verschiebung nach zwei zu einander senkrechten Richtungen gestatten, oder besser schwalbenschwanzförmig, weil dann die Verschiebung nur nach einer Seite hin möglich ist. Reichen die Zähne beider Verbandstücke durch, so ist es eine offene (einfache), reichen sie nicht ganz durch, so daß das Hirnholz der Zähne außen nicht sichtbar wird, eine verdeckte Verzinkung.

142.
Verzinkung.

ζ) Die Klaue (Geißfuß) oder die Aufklauung (XIII u. XIV) dient zur Verbindung je zweier in einer geneigten Ebene befindlicher, meist unter rechten Winkeln zusammentreffender Verbandstücke, von welchen das geneigte einen der Form des anderen entsprechenden Einschnitt erhält. Ist nun dieser Einschnitt rechtwinklig, so entsteht die einfache Klaue; ist derselbe hakenförmig und mit einem Zapfen verbunden, so entsteht die sog. Klaue mit Zapfen im Nest, welche bereits im Mittelalter bekannt war und in Süddeutschland und Oesterreich noch allgemein Verwendung, besonders beim Aufklauen der Sparren auf die Fußspalten, findet.

143.
Aufklauung.

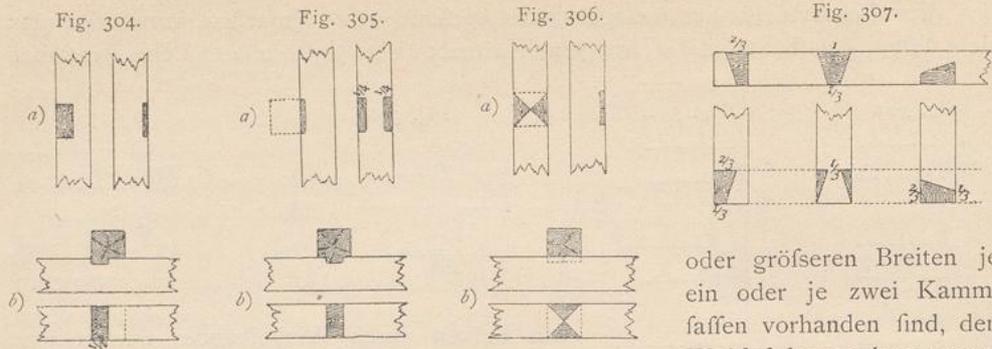
η) Das Schiften oder Anschmiegen dient zur Verbindung je zweier in einer meist geneigten Ebene befindlicher, unter mehr oder minder spitzen Winkeln zusammentreffenden Verbandstücke und besteht in der genauen Ermittlung und Herstellung der Anschlußfläche des Seitenbalkens an den Hauptbalken, z. B. eines »Schiffsparrens« an den Gratparren des Walmdaches. Die Befestigung der Verbandstücke wird durch eiserne Nägel bewirkt.

144.
Schiften.

5) Winkelverband in zwei oder mehr parallelen Ebenen.

α) Der Kamm oder die Verkämmung (XXII bis XXVI) dient zur Verbindung kreuzförmig übereinander liegender Balken, von welchen der obere eine etwa 2 cm starke Erhöhung (den Kamm), der untere eine derselben genau entsprechende Vertiefung (die Kammfasse) erhält. Je nachdem die Grundform beider rechteckig, weisenschwanzförmig, schwalbenschwanzförmig oder kreuzförmig ist, unterscheidet man den einfachen oder doppelten Kamm (Fig. 304 *a* u. *b*, 305 *a* u. *b*), wenn bei geringeren

145.
Verkämmung



Schwalbenschwanzkamm (Fig. 307) und den Kreuzkamm (Fig. 304 a u. b), welcher je zwei dreieckige Erhöhungen und Vertiefungen erfordert. Wo Balkenlagen in drei übereinander befindlichen Ebenen vorkommen, wie dies bei den Balkenlagen von Holz- und Fachwerkbauten der Fall ist, wiederholen sich die zuvor genannten Verbindungen, wobei an den Ecken vorzugsweise der weifschwanzförmige, zwischen denselben der schwalbenschwanzförmige Kamm Anwendung findet. Da verkämte Verbandstücke in der Regel durch Belastung genügend aufeinander gepreßt werden, so ist die weitere Befestigung derselben durch Dollen wenig im Gebrauch.

146.
Nuten
auf den
Grat.

β) Das Nuten auf den Grat (XVIIIa) dient zur Verbindung meist rechtwinkelig sich kreuzender Bretter, wobei gewöhnlich eine Bretterlage durch einzelne stärkere Bretter (Leisten) zu einer Tafel vereinigt wird. Damit das Abheben der Bretterlage nicht stattfinden kann, erhalten dieselben eine schwalbenschwanzförmig erweiterte Nut, in welche eine entsprechend geformte Feder oder Leiste eingreift, die rechtwinkelig zu den Langseiten der Bretter eingeschoben wird.

2. Kapitel.

Freistützen und Pfähle.

Die im Hochbauwesen erforderlichen Freistützen kommen meist im beschlagenen Zustande, als Pfoften, zur Verwendung und haben hauptsächlich ruhende Lasten zu tragen, während die zum Grundbau dienenden durchgehenden oder zusammengesetzten Pfähle meist unbeschlagen bleiben, zwar in gleicher Weise belastet werden, aber außerdem den Stößen beim Einrammen zu widerstehen haben. Während die Pfoften meist ganz frei stehen und je nach dem Verhältnis ihrer kleinsten Querschnittsabmessung zu ihrer Länge $\frac{h}{l}$ einem Druck oder einer seitlichen Ausbiegung ausgesetzt sind, stecken die Roßpfähle teilweise und die Grundpfähle ganz im Baugrund.

a) Freistützen.

147.
Form und
Stärke.

Bezeichnet man mit E den Elastizitätsmodul, mit K die zulässige Beanspruchung auf einfachen Druck, mit C einen von der Endbefestigung der Stütze abhängigen Koeffizienten, so ist, wenn c einen von der Querschnittsform abhängigen Zahlenkoeffizienten und $\frac{1}{s}$ den Sicherheitskoeffizienten bezeichnen, welcher durchschnittlich

zu $\frac{1}{10}$ angenommen werden kann, die Freistütze auf Druck oder seitliche Ausbiegung zu berechnen, je nachdem ⁷⁶⁾

$$\frac{h}{l} \geq \sqrt{\frac{K}{E}} \sqrt{\frac{s}{C c}} \quad \dots \quad 16.$$

Bezeichnet P die Belastung der Stütze, so erhält man im ersteren Falle den Querschnitt dieser Stütze ⁷⁷⁾

$$F = \frac{P}{K}, \quad \dots \quad 17.$$

im letzteren Falle das Trägheitsmoment ihres Querschnittes ⁷⁸⁾

$$\mathcal{I} = \frac{s l^2}{C E} P \quad \dots \quad 18.$$

Da die Querschnitte beschlagener Stützen Rechtecke sind, deren größte Seite mit b und deren kleinste Seite mit h bezeichnet werden mögen, so läßt sich im ersteren Falle aus der Beziehung

$$b h = \frac{P}{K}, \quad \dots \quad 19.$$

im letzteren Falle, worin $c = \frac{1}{12}$ beträgt, aus

$$b h^3 = 12 \frac{s l^2}{C E} P \quad \dots \quad 20.$$

eine dieser Abmessungen ermitteln, wenn die andere angenommen ist. Da $h < b$ ist, also höchstens $h = b$ werden kann, so zeigt die letzte Gleichung, daß P seinen verhältnismäßig größten Wert erreicht, wenn die Stütze einen quadratischen, d. h. einen Querschnitt erhält, für welchen die Gefahr einer seitlichen Ausbiegung nach zwei zu einander senkrechten Richtungen gleich gering ist und dessen Seite

$$b = \sqrt[4]{\frac{12 s l^2}{C E} P} \quad \dots \quad 21.$$

beträgt.

Der zulässige Druck auf die Flächeneinheit des Querschnittes einer auf seitliche Ausbiegung beanspruchten, rechteckig beschlagenen Stütze ist ⁷⁸⁾

$$k = \frac{1}{12} \cdot \frac{C E}{s} \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \dots \quad 22.$$

und nimmt, wenn aus Gleichung 16 der Grenzwert

$$l = h \sqrt{\frac{E}{K}} \sqrt{\frac{C}{12 s}} \quad \dots \quad 23.$$

eingeführt wird, seinen größten Wert

$$k = K, \quad \dots \quad 24.$$

ferner für alle unter übrigens gleichen Umständen zunehmenden Längen der Stützen abnehmende Werte an, welche für $\frac{E}{12 \cdot 5} = \frac{120000}{12 \cdot 10}$ (für Kilogr. und Quadr.-Centimeter) aus der Gleichung

$$K = 1000 C \left(\frac{h}{l}\right)^2 \quad \dots \quad 25.$$

⁷⁶⁾ Nach Gleichung 131, S. 303 (2. Aufl.: Gleichung 119, S. 105; 3. Aufl.: Gleichung 144, S. 130) ebendaf.

⁷⁷⁾ Nach Gleichung 2, S. 246, bzw. 135, S. 305 (2. Aufl.: Gleichung 32, S. 51, bzw. 126, S. 107; 3. Aufl.: Gleichung 37, S. 60, bzw. 143, S. 130) ebendaf.

⁷⁸⁾ Nach Gleichung 133 u. 134, S. 304 (2. Aufl.: Gleichung 124 u. 125, S. 107; 3. Aufl.: Gleichung 145, S. 131) ebenda.

berechnet werden können. Hiernach ergeben sich für folgende vier Befestigungsarten der Stütze die nachstehenden zulässigen Werte von k ⁷⁹⁾:

	Fall 1: Ein Ende eingezspannt, das andere frei drehbar	Fall 2: Beide Enden frei drehbar	Fall 3: Beide Enden ein- gezspannt	Fall 4: Ein Ende eingezspannt, das andere drehbar, aber lotrecht geführt
$C =$	$\frac{\pi^2}{4}$	π^2	$4\pi^2$	$2\pi^2$
$k =$	$2467 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$9868 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$39472 \left(\frac{h}{l}\right)^2$	$19736 \left(\frac{h}{l}\right)^2$

Dies liefert für vorstehende vier Fälle und folgende Werte von $\frac{h}{l}$ bechlagener Stützen die nachstehenden Werte von k :

$\frac{h}{l}$	0,117	0,110	0,101	0,090	0,080	0,070	0,060	0,050	0,040	0,030	0,020	0,010
k_1	75	55	38	25	20	16	12	9	6	4	2	1
k_2	300	220	152	100	80	64	48	36	24	16	8	4
k_3	1200	880	608	400	320	256	192	144	96	64	32	16
k_4	600	440	304	200	160	128	96	72	48	32	16	8

Kilogramm für 1 qcm.

Beispiel. Hat ein Ständer von 4^m Höhe mit quadratischem Querschnitt, dessen unteres Ende fest eingezpannt, dessen oberes Ende frei drehbar ist, eine Last von 1000 kg zu tragen, so läßt sich seine Stärke, welche Sicherheit gegen seitliches Ausbiegen gewährt, auf folgende Art berechnen. Wird der Elastizitätsmodul des Holzes $E = 120\,000$ kg, der Sicherheitskoeffizient für Holz $s = \frac{1}{10}$ angenommen, so wird nach Gleichung 21 die Seite des quadratischen Querschnittes

$$b = \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 4 \cdot 400^3 \cdot 10}{3,14 \cdot 120\,000}} 1000 = 21,24 \text{ cm.}$$

148.
Anwendung.

Freistehende, schwer beladene Freistützen von märsiger Höhe werden aus einem einzigen Stamme hergestellt. Wo bei bedeutenden Ständerhöhen das Zusammenfügen ihrer Teile stattfinden muß, wendet man den Nutzapfen (siehe Art. 129, S. 101) an, welchen man durch je zwei Holznägel, besser Schraubenbolzen oder, je nach der Stärke des Ständers, durch zwei oder vier Schienen, in Verbindung mit Bolzen (siehe Fig. 281, S. 101) verstärkt.

b) Pfähle.

149.
Pfähle.

Die zur Gründung von Hochbauten erforderlichen Pfähle werden in unbechlagenem Zustande und entweder als völlig im Baugrund steckende Grundpfähle oder als zum Teil in den Baugrund eingerammte, teilweise über denselben hervorragende Rost- oder Langpfähle angewendet. Beide haben einen Widerstand zu entwickeln, welcher ihrer größten Belastung mindestens gleich sein muß. Dieser Widerstand setzt sich aus dem lotrechten Gegendruck des Baugrundes auf den Pfahlquerschnitt und aus dem wagrechten Seitendruck desselben auf die Pfahlwandung, bezw. dem hierdurch erzeugten Reibungswiderstand zusammen. Bezeichnet man jenen

⁷⁹⁾ Siehe auch die Tabelle in Art. 341, S. 305 (2. Aufl.: Art. 126, S. 108; 3. Aufl.: Art. 141, S. 132) ebendaf.

lotrechten und wagrechten Druck auf die Flächeneinheit bzw. mit w_1 und w_2 , mit μ den Reibungskoeffizienten zwischen Pfahlholz und Baugrund, so ergibt sich für einen der größten Belastung Q durch ein Hochbauwerk ausgesetzten Pfahlrost mit n Pfählen von der Länge l und dem Durchmesser d die Gleichung

$$w_1 n \pi \frac{d^2}{4} + w_2 n \pi d l \mu = Q, \dots \dots \dots 26.$$

woraus sich für eine gegebene Anzahl n von Grundpfählen deren Durchmesser

$$d = - \frac{2 \mu l w_2}{w_1} + 2 \sqrt{\left(\frac{l \mu w_2}{w_1}\right)^2 + \frac{Q}{n \pi w_1}} \dots \dots \dots 27.$$

oder, wie gewöhnlich, bei Verwendung von Pfählen mit bekanntem Durchmesser die Zahl derselben finden läßt. Die Stärke von Rostpfählen, welche unten fest im Boden stecken, während sie mehr oder minder bedeutend über denselben hervorragen, ist nach Art der Freifützen zu berechnen, deren unteres Ende eingespannt und deren oberes Ende drehbar ist und wobei in Gleichung 18 für $\mathcal{F} = \frac{\pi}{64} d^4$ zu setzen ist. Hieraus

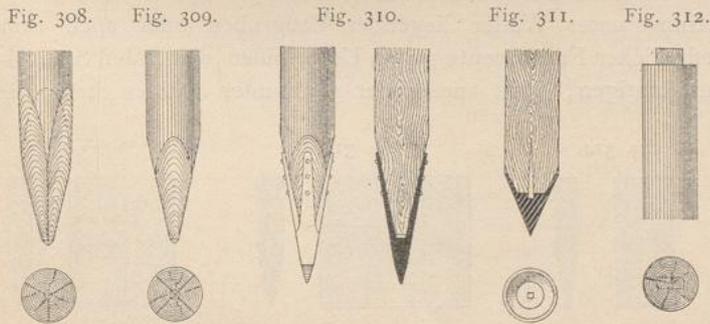
ergibt sich mit Bezug auf den hervorragenden Teil des mit der Belastung $\frac{Q}{n} = P$ beschwerten Rostpfahles der erforderliche Durchmesser

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 s l^2}{\pi C E} P}, \dots \dots \dots 28.$$

worin der Sicherheitskoeffizient $\frac{1}{s} = \frac{1}{10}$, der Elastizitätskoeffizient des Pfahlholzes $E = 120\,000 \text{ kg}$ und $C = \frac{\pi^2}{4}$ gesetzt werden kann.

Rostpfähle werden aus Baumstämmen hergestellt, welche man von der Rinde, aber nicht vom Splinte befreit. Kantige Rostpfähle wendet man nur da an, wo sie über den Baugrund hervorragen und sichtbar bleiben sollen oder wo aus einem sehr starken Stamme mehrere Pfähle geschnitten werden. Bei nachgiebigem Baugrund, z. B. Lehm-, Thon- oder Sandboden, und nicht zu großen Gründungstiefen genügt

150.
Form.



es, die Pfähle unten mit einer drei- oder vierseitigen, etwas abgestumpften Spitze (Fig. 308 u. 309), welcher man die zwei- bis dreifache Pfahldicke zur Länge und, zur Vermeidung von Schiefstellungen des Pfahles, eine genau centrische Lage gibt, zu versehen.

Bei unnachgiebigem Baugrund, z. B. bei Kies- oder steinigem Boden, und bei größeren Gründungstiefen werden die Pfahlspitzen mit schmiedeeisernen oder gußeisernen Pfahlschuhen (Fig. 310 u. 311) versehen.

Die schmiedeeisernen Pfahlschuhe, welche wegen ihrer größeren Elastizität beim Einrammen nicht so leicht brechen und deshalb den gußeisernen Pfahlschuhen vorgezogen werden, bestehen aus einer massiven, pyramidenförmigen Spitze, an welche

151.
Pfahlschuhe.

drei oder vier mit einigen zur Befestigung dienenden Nagellöchern versehene Lappen ange schmiedet sind. Damit sich diese Pfahlschuhe beim Einrammen nicht auf die Seite schieben, müssen die Grundfläche der pyramidenförmigen Eifenspitze, sowie die untere Fläche der abgestumpften Pfahlspitze genau senkrecht zur Pfahlachse gearbeitet sein und dicht aneinander anschließen. Da die Berührungsfläche beider nicht zu klein sein darf, so erhalten schmiedeeiserne Pfahlschuhe ein Gewicht von etwa 5 bis 6 kg.

Die gusseisernen Pfahlschuhe erfordern ein, unter übrigens gleichen Umständen, etwa doppelt so großes Gewicht als die schmiedeeisernen und bestehen aus einem Kegel mit vertiefter Grundfläche, in welche ein schweißeiserner, mit Widerhaken versehener Dorn eingegossen ist. Das untere Ende des Pfahles erhält die Form eines abgestumpften Kegels, welcher in die Vertiefung des Schuhes passen und sich genau an dieselbe anschließen muß.

152.
Verbindung
der
Pfahlköpfe.

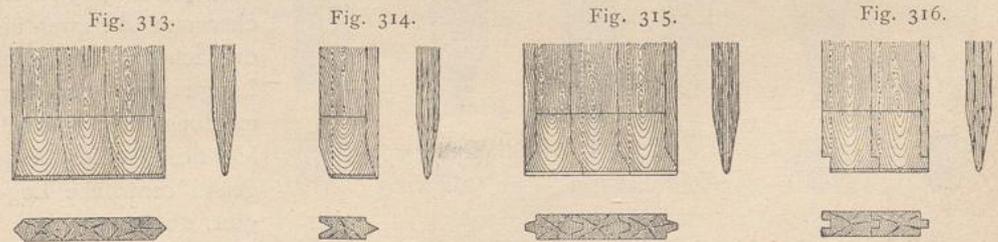
Oben erhalten die Pfähle, wenn sie Schwellen aufzunehmen haben, entweder einfache Zapfen (Fig. 312) oder, wenn das Abheben der Schwellen durch hydrostatischen Druck zu befürchten steht, sog. Grundzapfen (siehe Fig. 296, S. 106), d. h. Zapfen, welche in die nach oben schwalbenschwanzförmig erweiterten Zapfenlöcher der Schwellen eingelassen und dann durch Keile oben so weit auseinandergetrieben werden, bis sie an die schrägen Seitenwände der Zapfenlöcher dicht anschließen.

153.
Verlängerung
der Pfähle.

Wo die Länge der Rostpfähle nicht ausreicht, um den festen Baugrund zu erreichen, werden dieselben durch aufgesetzte Pfähle verlängert (siehe Fig. 274 bis 277). Dieses Aufpfropfen von Pfählen, welche den Stößen der Ramme zu widerstehen haben, muß man so einfach wie möglich machen, um das Spalten und Splintern der Pfähle an ihrer Verbindungsstelle zu vermeiden. Aus diesem Grunde ist erfahrungsgemäß der in Fig. 282 (S. 101) dargestellte Kreuzzapfen mit zwei eisernen Schließern nicht so gut, als der stumpfe Stoß in Verbindung mit schmiedeeisernen Klammern (siehe Fig. 276, S. 100), mit übergengenagelten schmiedeeisernen Schienen (siehe Fig. 277, S. 100), mit schmiedeeisernen Ringen und hölzernen Dübeln (siehe Fig. 274, S. 100) oder auch mit gusseisernen Zwischenstücken (siehe Fig. 275, S. 100).

154.
Form und
Verbindung.

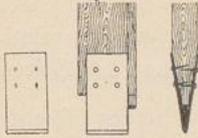
Die zur Umschließung unter Wasser liegender Baugruben oder auch zum Schutze unter Wasser befindlicher Fundamente gegen Unterspülen dienenden Spundwände werden teils aus kantigen, dicht aneinander gerammten Pfählen, teils aus



starken gespundeten Bohlen, den sog. Spundbohlen hergestellt, welche man zwischen kantige, an und zwischen den Ecken eingerammte Leitpfähle eintreibt. Man verwendet zu denselben meist grünes Holz, da dieses weniger leicht aufquillt und sich wirft, als trockenes. Um den möglichst dichten Anschluß der Spundbohlen zu erzielen, werden die Fugen derselben mit Spundungen (siehe Art. 132,

S. 102) verfehen, unter welchen die Keilspundung mit ein-, drei- und viermal gebrochener Fuge (Fig. 313 bis 315) und die quadratische Spundung (Fig. 316) die zweckmäsigsten sind. Zum Zweck des Einrammens erhalten dieselben unten eine

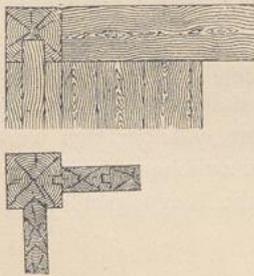
Fig. 317.



gebroschene Schneide und eine einseitige Zufchärfung (Fig. 313 bis 316), welche beim Eintreiben keilartig wirkt und die einzutreibende Spundbohle feitlich an die zuvor eingetriebene preßt.

Obwohl man das Einrammen der Spundbohlen gewöhnlich an den beiden feitlichen Spundpfählen beginnt und von da nach der Mitte dieses Zwischenraumes hin fortschreitet, so stellen sich die Spundbohlen beim Einrammen doch allmählich etwas schief, weshalb die in der Mitte verbleibende, von oben nach unten sich verengende Oeffnung durch eine eigens einzupassende, etwas keilförmig gestaltete, beiderseits mit Federn verfehene Spundbohle derart geschlossen werden muß, daß beim Einrammen derselben die benachbarten Spundbohlen sich mehr lotrecht stellen müssen und hierbei möglichst dicht aneinander gepreßt werden.

Fig. 318.



Bei unnachgiebigem Boden erhalten auch die Spundbohlen eiserne, unten aus einem dreiseitigen Prisma, oben aus zwei angefmiedeten rechteckigen Lappen bestehende Schuhe (Fig. 317). Diese Lappen erhalten die Breite der Spundbohle abzüglich der beiderseitigen Nuten und Federn und eine genügende Zahl ovaler Nagellöcher, an deren unterer Seite die zur Befestigung der Schuhe an den Bohlen erforderlichen Nägel eingeschlagen werden, damit sie beim Zusammenpressen der Bohlen durch das Rammen sich nicht verbiegen oder abbrechen. Oben werden die Spundbohlen beim Einrammen durch zwei feitlich angelegte Zangen in

einer lotrechten Ebene erhalten, während sie nach dem Einrammen in eine ihrer vollen Stärke entsprechende Nut der Holme eingelassen werden (Fig. 318).

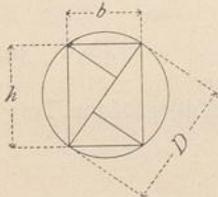
155.
Sicherung
der
Schneiden.

3. Kapitel.

Balkenverfärkungen.

Die zu Hochbauzwecken in vorzugsweise wagrechter Lage zur Verwendung kommenden Balken sind geschnitten oder beschlagen und haben rechteckige Querschnitte, deren Breite und Höhe in einem zweckmäsigsten Verhältnis stehen muß und sich wie folgt ermitteln läßt.

Fig. 319.



Bezeichnen l die freitragende Länge (Stützweite), b und h bezw. die Breite und Höhe eines beschlagenen Balkens (Fig. 319), D den kleinsten Durchmesser des schwächsten Baumstammes, woraus sich derselbe herstellen läßt, so ist sein Biegemoment

$$\frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} b (D^2 - b^2) = \frac{1}{6} (b D^2 - b^3) \dots \dots \dots 29.$$

Daselbe wird ein Maximum, wenn der erste Differentialquotient desselben nach b

$$\frac{d(b h^2)}{d b} = D^2 - 3 b^2 = 0$$

gesetzt wird, woraus sich $b = \frac{D}{\sqrt{3}}$ und $h = D \sqrt{\frac{2}{3}}$ ergeben. Teilt man sonach den Durchmesser D (Fig. 319) in drei gleiche Teile, errichtet in den Teilpunkten die Senkrechten, welche den Umfang des

156.
Berechnung
der
Verfärkung.

Stammes schneiden, und verbindet diese Schnittpunkte mit den Endpunkten des Durchmessers, so folgen aus der Aehnlichkeit der entstehenden Dreiecke die Verhältnisse

$$\frac{b}{D} = \frac{D}{b} \quad \text{und} \quad \frac{h}{\frac{2}{3}D} = \frac{D}{h}, \quad \dots \quad 30.$$

welche die obigen Werte für b und h ergeben.

In der Praxis pflegt man den Querschnitten von Balken, welche die relativ größte Tragfähigkeit entwickeln sollen, mit hinreichender Annäherung das Seitenverhältnis $\frac{b}{h} = \frac{5}{7}$ zu geben. Bleibt das Widerstandsmoment⁸⁰⁾ eines solchen Balkens, welches feiner Breite und dem Quadrate feiner Höhe proportional ist, hinter feinem Biegungs-⁸¹⁾ oder Angriffsmoment zurück, so ist eine hinreichende Verstärkung desselben erforderlich; letztere ist hiernach vorteilhaft in der Vermehrung feiner Höhe zu suchen.

Werden zu diesem Zwecke zwei Balken durch Verzahnung oder Verdübelung verbunden, so erfordern dieselben unter übrigens gleichen Umständen eine größere Höhe H , als ein massiver Balken von gleicher Widerstandsfähigkeit, welche sich wie folgt bestimmen läßt. Bezeichnet αH denjenigen Teil der Balkenhöhe, welcher bei den zusammengesetzten Balken nicht zur Wirkung kommt und bei den verzahnten Balken der Zahnhöhe, bei den verdübelten Balken dem zwischen den Einzelbalken verbliebenen Zwischenraume entspricht, so ist, wenn die Biegemomente beider Balken gleich sein sollen,

$$\frac{bh^2}{6} = \frac{b(H - \alpha H)^2}{12} \cdot \frac{2}{H} = \frac{b}{6} (1 - \alpha)^2 H^2, \quad \dots \quad 31.$$

woraus das Höhenverhältnis des zusammengesetzten und massiven Balkens zu

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\frac{1}{(1 - \alpha)^2}} \quad \dots \quad 32.$$

gefunden wird. Nimmt man wie gewöhnlich $\alpha = \frac{1}{10}$ an, so ergibt sich

$$\frac{H}{h} = \sqrt{\left(\frac{10}{9}\right)^2} = \frac{1,17}{1}, \quad \dots \quad 33.$$

woraus folgt, daß unter übrigens gleichen Umständen der zusammengesetzte Balken durchschnittlich die 1,17fache Höhe des massiven Balkens erfordert. Bezeichnen M das größte Angriffsmoment und k die zulässige Beanspruchung des verwendeten Holzes, so ist $k \frac{bh^2}{6} = M$, also $h = \sqrt{\frac{6M}{kb}}$, daher, wenn dieser Wert in Gleichung 32 eingeführt wird, die Höhe des zusammengesetzten Balkens

$$H = \sqrt{\frac{6}{(1 - \alpha)^2} \cdot \frac{M}{kb}} \quad \dots \quad 34.$$

Wird hierin $b = \frac{5}{7}H$ gesetzt, so erhält man die der verhältnismäßig größten Tragfähigkeit des Balkens entsprechende Höhe

$$H = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 7}{5(1 - \alpha)^2} \cdot \frac{M}{k}} = \frac{2,025}{1 - \alpha} \sqrt[3]{\frac{M}{k}} \quad \dots \quad 35.$$

⁸⁰⁾ Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs«, Art. 299, S. 263 (2. Aufl.: Art. 89, S. 66; 3. Aufl.: Art. 97, S. 77).

⁸¹⁾ Siehe ebendaf., Art. 295, S. 257 (2. Aufl.: Art. 85, S. 59; 3. Aufl.: Art. 94, S. 70).

a) Verzahnte und verdübelte Balken.

Den verzahnten Balken (Fig. 320 u. 321) setzt man bei geringeren Spannweiten aus zwei, bei grösseren Spannweiten aus einer ungeraden Anzahl von Balkenstücken so zusammen, daß ihre Stoßfugen abwechseln, wobei man den oberen auf

157.
Verzahnte
Balken.

Fig. 320.

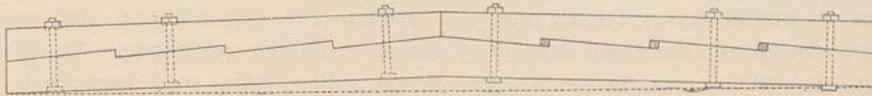
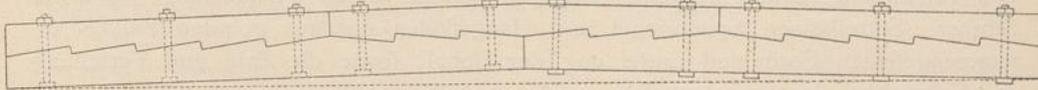


Fig. 321.



Druck beanspruchten Balken in seiner Mitte (Fig. 320) stößt, damit der untere auf Zug beanspruchte Balken an dieser Stelle zusammenhängt. Um das Ineinanderpressen der Hirnenden zu vermeiden, schaltet man zwischen die Stöße des oberen Balkens entsprechende Zink-, Kupfer- oder Eisenplatten ein, während man über die Stöße des unteren Balkens (Fig. 321) eiserne Schienen legt, um den verlorenen Zusammenhang der Balkenstücke wieder herzustellen. Um Durchbiegungen zu vermeiden, gibt man den verzahnten Balken vorteilhaft eine Sprengung, deren Pfeil $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ ihrer Länge beträgt. Sind Balken nicht zu erhalten, welche von Natur eine solche Biegung besitzen, so gibt man sie ihnen künstlich, indem man sie in der Mitte durch einen Klotz unterstützt und ihre Enden entsprechend belastet oder durch zwei Winden niederdrückt. In dieser Lage muß der ganze Balken verbleiben, bis die Bolzenlöcher gebohrt und die Bolzen selbst fest angezogen sind. Bisweilen stößt man den unteren Teil eines fünfteiligen verdübelten Balkens in der Mitte (Fig. 321), um die Sprengung desselben zu erleichtern. Die Anordnung der Zähne und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben sich aus Art. 135 (S. 102), wozu noch zu be-

Fig. 322.

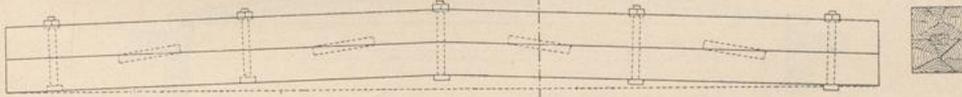


Fig. 323.

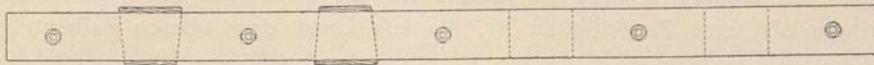
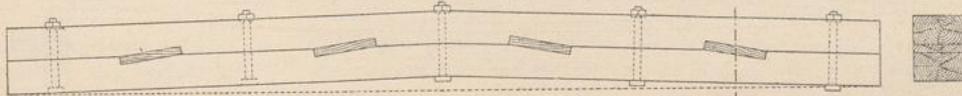


Fig. 324.



merken ist, daß durch Herstellung der Zähne eine Verchwächung der Balken eintritt und daß man, der Schwierigkeit der Herstellung eines tüchtigen verzahnten Balkens wegen, denselben zur Zeit fast stets durch den verdübelten Balken ersetzt, welcher bei ungleich leichter Herstellung mindestens daselbe leistet.

158.
Verdübelte
Balken.

In den meisten Fällen, wo Balken von den Längen der zu überspannenden Weiten vorhanden sind und nur ihre Stärke nicht ausreicht, setzt man den wagrechten zu verdübelnden Balken aus je 2 Balken (Fig. 322 bis 324) und nur bei größerer Belastung desselben aus je 3 bis je 5 Balken zusammen. Verdübelten Balken, welche als wagrechte Träger dienen sollen, gibt man vorteilhaft eine Sprengung von $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{100}$ ihrer Länge (Fig. 324), welche man ähnlich wie bei den verzahnten Balken herstellt. Dagegen werden durch Verdübelung verstärkte Streben, Sattelhölzer, Spannriegel und Hängesäulen nur aus geraden Balken zusammengesetzt. Form und Entfernung der Dübel, sowie die Zahl und Verteilung der Schraubenbolzen ergeben sich aus Art. 136 (S. 103⁸²).

b) Geschlitzte und gespreizte Balken.

159.
Geschlitzte
Balken.

Wird ein Balken von der Breite b und der Höhe h in halber Höhe nach seiner Längsachse aufgeschlitzt und dann nach seiner Mitte hin allmählich so auseinander gespreizt, daß er dort die gefamte Höhe αh erhält, so wächst sein ursprüngliches Biegemoment $\frac{bh^2}{6}$ auf

$$\frac{b}{6} \cdot \frac{\alpha^2 - (\alpha - 1)^3}{\alpha} h^2, \dots \dots \dots 36.$$

sonach, da in der Praxis gewöhnlich $\alpha = 2,5$ angenommen wird, auf $4,9 \frac{bh^2}{6}$ oder fast auf das Fünffache. Diese Erhöhung der Tragfähigkeit veranlaßte Laves, Balken in der Mitte aufhängen und durch eingeschaltete Klötze auseinander spreizen, ihre Enden aber, zur Vermeidung eines völligen Aufschlitzens, durch Schraubenbolzen (Fig. 325 u. 326 rechts) oder besser durch umgelegte eiserne Bänder (Fig. 325

Fig. 325.

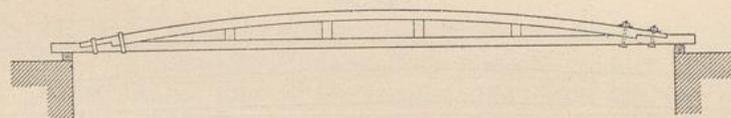
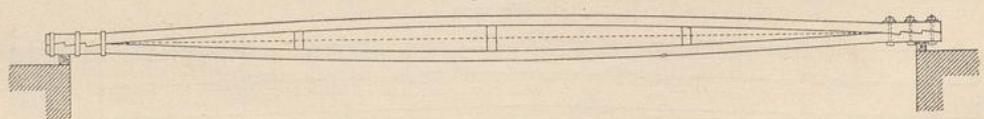


Fig. 326.

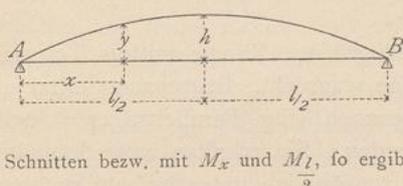


u. 326 links) fest zusammenhalten zu lassen. Da die Druckfestigkeit des Holzes etwas geringer als seine Zugfestigkeit ist, so ließ Laves dem oberen Balkenteile etwa $\frac{4}{3}$ von der Stärke des unteren, also dem ersteren $\frac{4}{7} h$ und dem letzteren $\frac{3}{7} h$ zur Höhe geben.

⁸²) Siehe auch: THULLIE, M. R. v. Zur Anwendung verzahnter und verdübelter Träger. Centralb. d. Bauverw., 1895, S. 296.

Wo die Stärke eines Balkens nicht ausreicht, um die zuvor angegebenen nötigen Widerstandsmomente zu erzielen, kann man durch Zusammensetzen je zweier Balken, welche man an den Enden fest verbindet und von welchen man entweder nur den unteren oder nur den oberen (Fig. 325) oder auch beide (Fig. 326) biegt, und durch hölzerne Spreizen oder hölzerne Zangen auseinander hält, sich helfen.

Fig. 327.



Bezeichnet man die Ordinaten der Schwerlinien beider Balken (Fig. 327) für die beliebige Abscisse x und die halbe Stützweite $\frac{l}{2}$ bzw. mit y und h und die Angriffsmomente der wagrechten Kräfte in den dafelbst geführten lotrechten Schnitten bzw. mit M_x und M_l , so ergibt sich die Form der gepreizten Balken aus der Gleichung

$$y = \frac{M_x}{M_l} h, \dots \dots \dots 37.$$

welche z. B. für gleichförmig auf die Projektion verteilte Belastung g , wofür bekanntlich $M_x = \frac{g}{2} x(l-x)$ und $M_l = g \frac{l^2}{8}$ ift, in die Gleichung

$$y = \frac{4h}{l^2} x(l-x), \dots \dots \dots 38.$$

also in die Gleichung der quadratischen Parabel übergeht. Der Querschnitt F_z des gezogenen und F_d des gedrückten Balkens hat gleichzeitig den darin auftretenden wagrechten und lotrechten Kräften

$$H_x = \frac{M_x}{y} \quad \text{und} \quad V_x = \frac{dM_x}{dx} \dots \dots \dots 39.$$

zu widerstehen, woraus sich bzw. die Querschnittsflächen des gezogenen und gedrückten Balkens für die zulässigen Zug- und Druckspannungen z und d , fowie für die zulässigen Schubspannungen v zu

$$F_z = \frac{M_x}{yz} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v} \frac{dM_x}{dx}, \dots \dots \dots 40.$$

$$F_d = \frac{M_x}{yd} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} \frac{dM_x}{dx} \dots \dots \dots 41.$$

ergeben.

Für den quadratisch-parabolischen Balken mit gleichförmig auf die Projektion verteilter Belastung erhält man bzw.

$$F_z = \frac{1}{z} \frac{gl^2}{8h} \quad \text{und} \quad F_z' = \frac{1}{v} g \left(\frac{l}{2} - x \right), \dots \dots \dots 42.$$

ferner

$$F_d = \frac{1}{d} \frac{gl^2}{8h} \quad \text{und} \quad F_d' = \frac{1}{v} g \left(\frac{l}{2} - x \right), \dots \dots \dots 43.$$

woraus folgt, dafs in diesem Falle die Querschnitte F_z und F_d konstant sind und wegen

$$\frac{F_z}{F_d} = \frac{d}{z} \dots \dots \dots 44.$$

sich umgekehrt verhalten wie ihre Beanspruchungen, ferner dafs die Querschnitte F_z' und F_d' einander gleich, aber veränderlich sind und von der Mitte des Balkens, wo sie Null werden, nach seinen Enden hin zunehmen, wo sie den grössten Wert

$$F_z' = F_d' = \frac{1}{v} \cdot \frac{gl}{2} \dots \dots \dots 45.$$

erreichen. Für die Querschnitte des quadratisch-parabolischen Balkens sind also in seiner Mitte nur die Momente, in allen übrigen, vorzugsweise über den Auflagern befindlichen Querschnitten die Momente und lotrechten Schubkräfte in der Art maßgebend, dafs der grössere der beiden sich ergebenden Querschnitte zu wählen ift.

Die Balkenenden sind so zu verbinden, dafs die gleichen, aber entgegengesetzt und scherend wirkenden wagrechten Kräfte $\frac{gl^2}{8h}$ aufgehoben werden, was man durch

Verfatzung, Verzahnung oder Verdübelung in Verbindung mit Schrauben und Bändern erreichen kann. Die gespreizten Träger erfordern je zwei durchgehende Balken, weshalb sie auf Spannweiten von 10 bis 12^m beschränkt sind, und gefalteten wegen ihrer Form bei Decken nur dann Anwendung, wenn eine wagrechte Ausgleichung von Fußboden und Decke besonders hergestellt wird.

c) Gitterträger.

161.
Ermittlung
der
Spannungen.

Wo bedeutendere Lasten zu übertragen und gröfsere Räume mittels Trägern zu überspannen sind, welche oben und unten eine wagrechte Begrenzung erhalten sollen, sind Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen (fog. Parallelträger⁸³) und rektwinkeligem Stabsystem mit Vorteil zu verwenden. Sie erhalten zwei doppelte hölzerne Gurtungen, zwischen welche hölzerne, gewöhnlich unter halbem rechten Winkel geneigte gekreuzte Diagonalen und hölzerne oder eiserne Vertikalen (Träger mit kombiniertem Gitterwerk⁷⁸) nach dem System *Howe* eingeschaltet sind (Fig. 329 bis 331). Hierbei werden am vorteilhaftesten alle die eine seitliche Uebertragung der Lasten auf beide Stützpunkte bewirkenden Hauptdiagonalen, sowie die zur Aussteifung der Felder eingeschalteten Gegendiagonalen für Druck, jene Vertikalen für Zug konstruiert.

Nimmt man an, ein solcher Gitterträger (Fig. 328), von der Höhe h und mit n gleichen Feldern von der Weite λ , sei in jedem unteren Knotenpunkte mit dem Eigengewicht p und der Verkehrslast q beschwert (z. B. wenn Deckenbalken auf seine untere Gurtung gelegt oder an dieselbe angehängt werden), so beträgt die grösste Druckspannung des beliebigen m -ten oberen Gurtungsstückes⁸⁴)

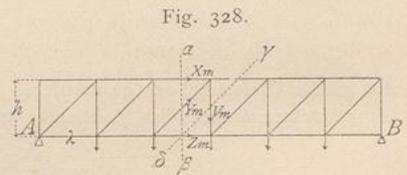


Fig. 328.

$$X_m \min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h} (m-1)(n+1-m) = -C(m-1)(n+1-m) \quad 46.$$

und die grösste Zugspannung des m -ten unteren Gurtungsstückes⁸⁴)

$$Z_m \min = \frac{(p+q)\lambda}{2h} m(n-m) = Cm(n-m), \quad \dots \quad 47.$$

worin C dieselbe Konstante darstellt, welche daher bezw. mit zwei verschiedenen veränderlichen, in den schräg gegenüber liegenden Gurtungsstücken benachbarter Felder gleichen Produkten zu multiplizieren ist.

Die Grenzspannungen der Diagonalen 1 bis n mit der durchweg gleichen Länge $t = \sqrt{\lambda^2 + h^2}$ sind für Druck und Zug⁸⁵) bezw.

$$Y_m \min = -\frac{t}{2h} \left[p(n+1-2m) + \frac{q}{n}(n-m)(n+1-m) \right] \quad \dots \quad 48.$$

und

$$Y_m \max = \frac{t}{2h} \left[-p(n+1-2m) + \frac{q}{n}m(m-1) \right], \quad \dots \quad 49.$$

worin $\frac{tp}{2h}$ und $\frac{tq}{2nh}$ wiederum Konstante vorstellen.

Die Grenzspannungen in den Vertikalen 0 bis $n-1$ sind für Zug und Druck⁸⁵) bezw.

⁸³) Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, Art. 374, S. 338 (2. Aufl.: Art. 166, S. 148; 3. Aufl.: Art. 167, S. 168) dieses Handbuchs.

⁸⁴) Siehe ebendaf., Art. 386, S. 351 (2. Aufl.: Art. 180, S. 163; 3. Aufl.: Art. 182, S. 183).

⁸⁵) Siehe ebendaf., Art. 387, S. 351 (2. Aufl.: Art. 181, S. 164; 3. Aufl.: Art. 183, S. 184).

$$V_m \max = \frac{p}{2} (n+1-2m) + \frac{q}{2n} (n-m)(n+1-m) \quad \dots \quad 50.$$

und

$$V_m \min = \frac{p}{n} (n+1-2m) - \frac{q}{2n} m(m-1) \quad \dots \quad 51.$$

Sind die Spannungen dieses Trägers mit durchweg rechts steigenden Diagonalen, welche auf seiner linken Seite Druck-, auf seiner rechten Seite Zugspannungen annehmen, berechnet, so lassen sich hieraus die Spannungen des Trägers mit nur gedrückten, zu seiner Mittellinie symmetrischen Diagonalen (Hauptdiagonalen) ableiten, während man alle Diagonalen, welche Zugspannung annehmen würden, weglässt und durch solche mit entgegengesetzter Neigung ersetzt.

Wird derselbe Gitterträger in allen oberen Knotenpunkten belastet (z. B. wenn Deckenbalken auf seine obere Gurtung gelegt werden), so bleiben die Spannungen der Gurtungen und Diagonalen dieselben und die Grenzspannungen nur der Vertikalen von 0 bis $n-1$ gehen in die folgenden⁸⁵⁾ über:

$$V_m \max = \frac{p}{2} (n-1-2m) + \frac{q}{2n} (n-m)(n-1-m) \quad \dots \quad 52.$$

und

$$V_m \min = \frac{p}{2} (n-1-2m) - \frac{q}{2n} m(m+1) \quad \dots \quad 53.$$

In den meisten im Hochbauwesen vorkommenden Fällen erhalten die hölzernen Gitterträger durchweg gleiche Stärken ihrer Gurtungen und Stäbe, wodurch zwar ihr Materialbedarf vermehrt, aber ihre Konstruktion wesentlich vereinfacht wird. In diesem Falle hat man nur die größten Spannungen der Gurtungen und der Stäbe, welche bezw. in der Mitte und an den Enden dieser Träger eintreten, zu ermitteln und hiernach ihre Querschnitte festzustellen.

Für $m = \frac{n}{2}$ erhält man daher die absolut größte Druckspannung der oberen Gurtung

$$X_m \min = -\frac{(p+q)\lambda}{2h} \left(\frac{n^2}{4} - 1 \right), \quad \dots \quad 54.$$

worin 1 gegen $\frac{n^2}{4}$ vernachlässigt werden kann, und die absolut größte Zugspannung der unteren Gurtung

$$Z_m \max = \frac{(p+q)\lambda}{2h} \cdot \frac{n^2}{4} \quad \dots \quad 55.$$

Für $m = 0$ erhält man die absolut größte Druckspannung der Diagonalen

$$Y_m \min = -\frac{t}{2h} (p+q)(n+1) \quad \dots \quad 56.$$

und die absolut größte Zugspannung der Vertikalen

$$V_m \max = \frac{1}{2} (p+q)(n+1), \quad \dots \quad 57.$$

wenn der Träger unten, und

$$V_m \max = \frac{1}{2} (p+q)(n-1), \quad \dots \quad 58.$$

wenn derselbe oben belastet ist.

Bezeichnet man mit F_x und F_z , F_d und F_v bezw. die Querschnitte der Gurtungen und Stäbe, mit z und d bezw. die größte zulässige Zug- und Druck-

162.
Querschnitts-
ermittlung.

spannung, so ist, wenn die Trägerlänge $n\lambda = l$ gesetzt wird, der erforderliche konstante nutzbare Querschnitt der oberen Gurtung

$$F_x = \frac{n(p+q)l}{8dh}, \dots \dots \dots 59.$$

der unteren Gurtung

$$F_z = \frac{n(p+q)l}{8zh}, \dots \dots \dots 60.$$

der Diagonalen

$$F_d = \frac{(n+1)(p+q)t}{2dh} \dots \dots \dots 61.$$

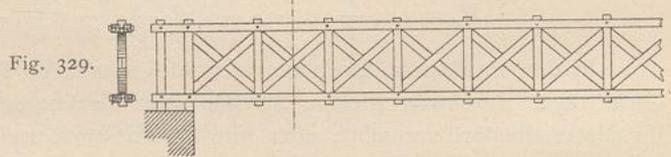
und der entweder hölzernen oder eisernen Vertikalen bezw.

$$F_v = \frac{(n+1)(p+q)}{2z} \text{ oder } F_v = \frac{(n-1)(p+q)}{2z}, \dots \dots \dots 62.$$

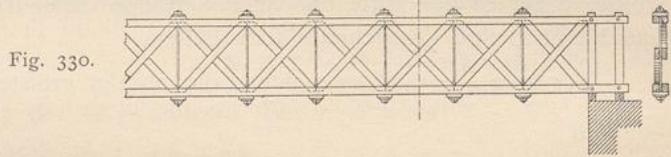
wobei die kleinste zulässige Beanspruchung auf Zug für Holz und Schmiedeeisen zu bezw. 100 und 1000 kg für 1cm angenommen werden kann.

163.
Konstruktion.

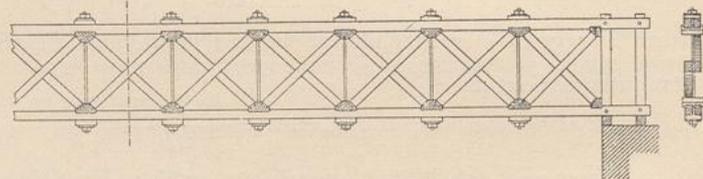
Bei Anwendung hölzerner Vertikalen werden dieselben auf beiden Seiten mit den beiden Gurtungen verblattet und oben und unten mit ihnen verbolzt, während die gekreuzten Diagonalen, die in ihren Kreuzungspunkten verblattet und genagelt werden, durch Zapfen ohne oder mit Verfatzung mit ihnen verbunden sind (Fig. 329).



Bei Anwendung eiserner, mit Kopf und Mutter versehener Vertikalen werden dieselben durch kurze hölzerne, von aussen quer über und unter die Gurtungen gelegte Sattelstücke gefsteckt, die Diagonalen mittels Zapfen zwischen die



Gurtungen eingefaltet und diese fämtlichen Teile durch Anziehen der erwähnten Muttern fest zusammengeprefst (Fig. 330).



Bei Gitterträgern für grössere Spannweiten mit bedeutenderen Belastungen schaltet man zwischen die Enden entgegengesetzt geneigter Diagonalen besondere Spannklötze ein, gegen welche sich die letzteren stemmen und welche von den Hängeeisen durchfetzt werden (Fig. 331).

d) Armierte Balken.

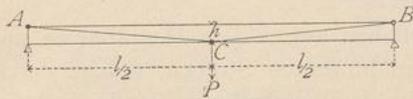
Die Tragfähigkeit von Balken, welche für sich zu schwach sind, um eine gegebene Last zu tragen, kann durch Verbindung derselben mit Hängewerken (Fig. 333 u. 335) oder Sprengwerken (Fig. 336) erhöht werden, wobei diese Hilfskonstruktionen für kleinere und grössere Spannweiten bezw. einfach und doppelt angewendet werden.

1) Hängewerkbalken.

Ist ein Balken von der Länge l , Breite b und Höhe h (Fig. 332) verfügbar, so ist derselbe bei seiner größten zulässigen Beanspruchung d im Stande, von der größten, in seiner Mitte wirkenden Last P den Anteil

164.
Einfache
Hängewerk-
balken.

Fig. 332.



$$\alpha P = \frac{2}{3} \frac{d b h^2}{l} \dots 63.$$

zu tragen, woraus α zu bestimmen ist. Um den Rest $P(1 - \alpha)$ der Last übertragen zu können, müssen die Zugstangen auf jeder Seite bei einer größten zulässigen Beanspruchung z den nutzbaren Querschnitt

$$F = \frac{P(1 - \alpha)}{2z} \cdot \frac{\sqrt{4h^2 + l^2}}{2h} \dots 64.$$

erhalten, wovon bei je zwei Zugstangen auf jede die Hälfte kommt. Werden dieselben, wie gewöhnlich, aus Rundeisen hergestellt und an den äußeren Enden mit Gewinden von $0,2$ Tiefe des äußeren Durchmessers versehen, so beträgt ihr äußerer Durchmesser

$$D = \frac{2}{1 - 0,4} \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 1,88 \sqrt{F} \dots 65.$$

Die Gewinde werden gewöhnlich durch eiserne, zur Zugstangenachse senkrechte Querplatten gesteckt, mit Unterlagsplatten versehen und dann mittels starker Muttern angezogen, während die unteren Enden der Zugstangen Oesen erhalten, durch welche

Fig. 333.

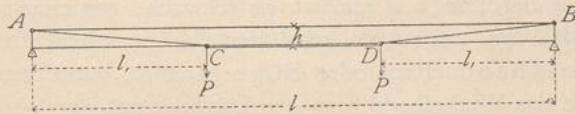


ein eiserner, den hölzernen Balken unterstützender Querbolzen gesteckt und durch Splinte oder Schrauben festgehalten wird (Fig. 333).

Ist ein Balken von den zuvor angegebenen Abmessungen verfügbar und in den Entfernungen l_1 von seinen beiden Enden mit den gleichen Einzellaften P beschwert (Fig. 334), so kann er von jeder derselben den Anteil

165.
Doppelte
Hängewerk-
balken.

Fig. 334.



$$\alpha P = \frac{1}{6} \frac{d b h^2}{l_1} \dots 66.$$

tragen, woraus α zu bestimmen ist. Um den Rest $P(1 - \alpha)$ dieser

Last übertragen zu können, müssen die geeigneten und wagrechten Teile der Zugstangen bzw. einen nutzbaren Gesamtquerschnitt

Fig. 335.



$$F = \frac{P(1-\alpha)}{z} \frac{\sqrt{h^2+l_1^2}}{h} \quad \text{und} \quad F_1 = \frac{P(1-\alpha)}{z} \cdot \frac{l_1}{h} \quad \dots \quad 67.$$

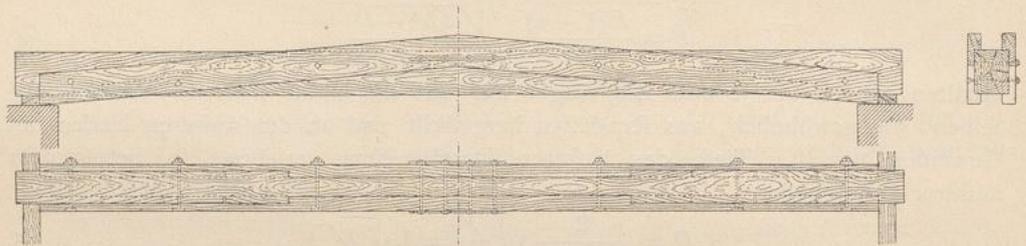
erhalten, woraus ihr äußerer Durchmesser wie vorher zu bestimmen ist. Die Konstruktion ist derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich (Fig. 335).

2) Sprengwerkbalken.

166.
Einfache
Sprengwerk-
balken.

Einfache Sprengwerkbalken (Fig. 336) bestehen außer dem Hauptbalken aus je zwei zu beiden Seiten angebrachten, geneigten hölzernen Streben, welche durch Schraubenbolzen mit jenem verbunden werden. Um das Ineinanderpressen der Streben an den sich berührenden Hirnenden zu vermeiden, legt man hinreichend große

Fig. 336.



Zink-, Kupfer- oder Eisenplättchen ein. Die statische Berechnung ist derjenigen der einfachen Hängewerkbalken gleich; nur ist in die Gleichung 63 für F der Wert d statt z einzuführen und auf Holz zu beziehen.

167.
Doppelte
Sprengwerk-
balken.

Doppelte Sprengwerkbalken unterscheiden sich von den einfachen nur durch wagrechte zwischen die Streben eingeschaltete Spannriegel, werden jedoch ebenso konstruiert und mit denselben Abänderungen wie die doppelten Hängewerkbalken berechnet.

4. Kapitel.

Balkenverbände.

a) Winkelbänder.

168.
Berechnung.

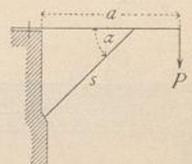
Ist ein wagrechter, am einen Ende festgehaltener, am anderen Ende frei schwebender Balken (Fig. 337) von der Länge a für sich zu schwach, um eine an seinem freien Ende wirkende Last P zu tragen, so wird derselbe am einfachsten durch ein Winkelband, auch Kopfband, Bug oder Büge genannt, unterstützt. Bezeichnet α den Winkel, welchen das Winkelband von der Länge s mit der Wagrechten einschließt, so ist, wenn von der Biegezugfestigkeit des wagrechten Balkens abgesehen wird, der längs des Winkelbandes wirkende Druck

$$S = P \frac{a}{s \cos \alpha \sin \alpha} = P \frac{2a}{s \sin 2\alpha} \quad \dots \quad 68.$$

und der längs des wagrechten Balkens wirkende Zug

$$H = S \cos \alpha = P \frac{a}{s \sin \alpha} \quad \dots \quad 69.$$

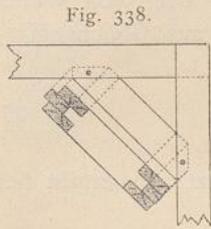
Fig. 337.



Der Druck S wird unter übrigens gleichen Umständen am kleinsten, wenn $\sin 2\alpha = 1$, also wenn das Winkelband unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad angebracht wird. Wirkt die Last P unmittelbar am Kopfe des Winkelbandes, so wird $a = s \cos \alpha$ und, wenn dieser Wert in Gleichung 68 u. 69 eingeführt wird, der Längsdruck und der wagrechte Zug bezw.

$$S = \frac{P}{\sin \alpha} \quad \text{und} \quad H = \frac{P}{\operatorname{tg} \alpha} \quad \dots \quad 70.$$

Wenn nunmehr mit β die grössere, mit δ die kleinere Querschnittsabmessung eines an den Enden eingezapften, etwas drehbaren Winkelbandes (Fig. 338), mit E die Elastizitätsziffer und mit C ein Sicherheitskoeffizient, der bei Holz etwa zu $\frac{1}{10}$ anzunehmen ist, bezeichnet wird, so ist der Widerstand eines auf seitliches Ausbiegen (Knicken) beanspruchten Winkelbandes

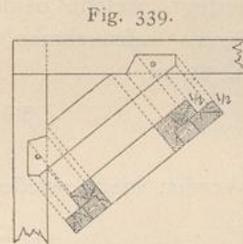


$$W = \frac{C \pi^2 E}{12} \cdot \frac{\beta \delta^3}{s^2} \quad \dots \quad 71.$$

Durch Gleichsetzen der Werte 68 und 71 erhält man die Gleichung

$$\beta \delta^3 = \frac{24 s a}{C \pi^2 E \sin 2\alpha} P, \quad \dots \quad 72.$$

woraus eine der erforderlichen Abmessungen β oder δ ermittelt werden kann.



Wird das Winkelband an den Enden durch Anblattung festgehalten (Fig. 339), so ist in Gleichung 72: $4\pi^2$ statt π^2 zu setzen, mithin eine jener beiden Abmessungen aus der Gleichung

$$\beta \delta^3 = \frac{6 s a}{C \pi^2 E \sin 2\alpha} P \quad \dots \quad 73.$$

zu ermitteln. Werden hierin $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3,14$ und $E = 120\,000$ gesetzt, so ergibt sich

$$\beta \delta^3 = 0,00005 \frac{s a}{\sin 2\alpha} P \quad \dots \quad 74.$$

Gleich große Gefahr gegen seitliches Ausbiegen in der Richtung beider Querschnittsabmessungen des Winkelbandes entsteht, wenn $\beta = \delta$, in welchem Falle in den beiden letzten Gleichungen δ^4 statt $\beta \delta^3$ zu setzen ist, also nur δ zu bestimmen bleibt.

Das eingezapfte Winkelband (Fig. 338) wird oben mit einem Schrägzapfen, der zuerst eingefetzt wird, unten mit einem sog. Jagdzapfen versehen, welcher unten nach einem Kreisbogen abgerundet ist und mit dem Hammer eingetrieben oder »eingejagt« wird. Zuletzt erfolgt die Befestigung mit je zwei Holznägeln.

Das angeblattete Winkelband (Fig. 339) erhält zwei schräge Blätter, welche eine halbe Stärke zur Dicke haben, im übrigen nur schräge Stöße. Die Schrägblätter verhindern hierbei eine Vergrößerung, die Stöße eine Verkleinerung der beiden Winkel, welche der wagrechte Balken und der lotrechte Pfosten mit dem Winkelband einschließen.

b) Sprengwerke.

Ist ein an beiden Enden frei aufliegender Balken zu schwach, um die ihm zufallende Last zu tragen, und wird er deshalb an einer, an zwei oder an mehreren Stellen durch Streben unterstützt, so entsteht das einfache (Fig. 341), das zweifache (Fig. 354 u. 356) und das mehrfache Sprengwerk.

169.
Konstruktion.

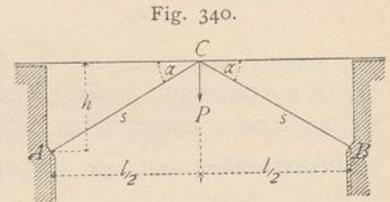
170.
Einfaches
Sprengwerk.

Wirkt in der Mitte des wagrechten Balkens von der Länge l die Last P , so hat jede Strebe von der Länge s hiervon die Hälfte zu übertragen, und es ergibt sich mit Bezug auf die Bezeichnungen in Fig. 340 der längs der Strebe wirkende Druck

$$S = \frac{P}{2} \cdot \frac{s}{2} = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2h \cos \alpha}, \quad \dots \quad 75.$$

welcher sich in den am Fusse der Strebe wirkenden lotrechten Druck $\frac{P}{2}$ und den wagrechten Druck

$$H = \frac{P}{2} \cdot \frac{l}{2h} \quad \dots \quad 76.$$



zerlegt, welche beiden letzteren Drücke von lotrechten Pfosten oder von Widerlagern aufzunehmen sind. Die Stärke der Streben ergibt sich aus Gleichung 75 u. 76 zu

$$\beta \delta^3 = \frac{6}{C \pi^2 E} \cdot \frac{s^3}{h} P = \frac{3}{4 C \pi^2 E} \cdot \frac{l^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 77.$$

Werden hierin wieder $C = \frac{1}{10}$, $\pi = 3,14$ und $E = 120\,000$ gesetzt, so ergibt sich

$$\beta \delta^3 = 0,000063 \frac{l^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 78.$$

Dieser Querschnitt wird, wie beim Winkelverband, zum Minimum, wenn derselbe unter übrigens gleichen Umständen quadratisch angenommen und wenn jede Strebe unter einem Winkel $\alpha = 45$ Grad geneigt wird.

Bezeichnen p und q bezw. die Eigengewichts- und die größte Nutzbelastung der Längeneinheit des durchgehenden wagrechten Balkens, so ist seine Gesamtbelastung $G = (p + q) l$, wovon je $\frac{3}{16} G = \frac{3}{16} (p + q) l$ auf die Mauer Schwellen übertragen werden, während der Rest die größte Belastung $P = \frac{10}{16} G = \frac{10}{16} (p + q) l$ der Streben darstellt.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken geschieht entweder durch stumpfen Stofs und schräge Verzapfung mit dem Balken (Fig. 341) oder mittels eines Unterzuges, in welchen die Streben ebenfalls mittels kurzer Zapfen eingreifen (Fig. 342), oder mittels eines gusseisernen Schuhs (Fig. 343), welcher durch Bolzen mit dem Balken verbunden und mit Stehplatte nebst Wangenstücken versehen ist, um die Köpfe der Streben gegen das Ineinanderpressen und gegen ein seitliches Ausweichen zu schützen.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern geschieht in verschiedener Weise. Bestehen die Widerlager aus Mauerwerk, so wird die Strebe entweder unmittelbar in das Mauerwerk eingesetzt (Fig. 344) oder mittels eines gusseisernen Schuhs (Fig. 345 u. 349) unterstützt, welcher Wasserabfluß und Luftzutritt gestattet, also die Trockenheit und Dauer der Strebe befördert. Besteht das Mauerwerk aus Quadern oder wird es mit Quadern verblendet, so läßt man den Fuß der Strebe in einen besonderen, nicht zu kleinen Quader ein (Fig. 346); besteht dagegen das Mauerwerk aus kleinen Bruchsteinen oder Ziegeln, so legt man eine besondere hölzerne Schwelle ein, welche den Druck der Strebe auf eine größere Mauerfläche verteilt (Fig. 347).

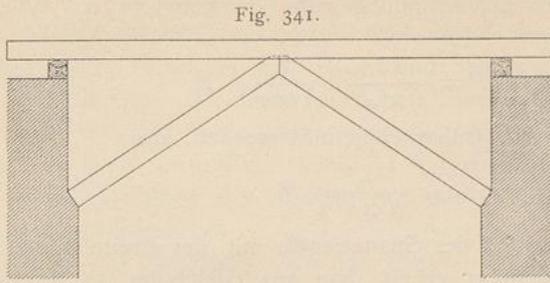


Fig. 341.

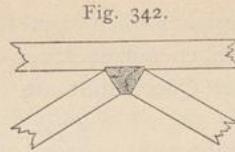


Fig. 342.

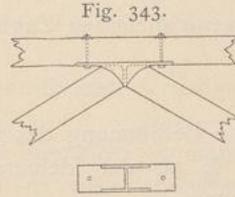


Fig. 343.

Fig. 344.

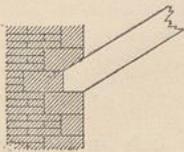


Fig. 345.

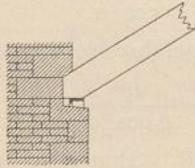


Fig. 346.

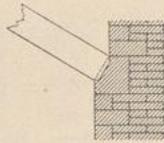


Fig. 347.

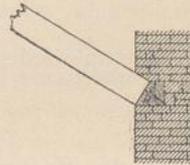


Fig. 348.

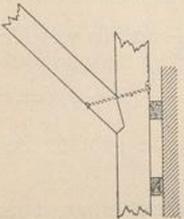


Fig. 349.

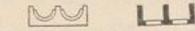


Fig. 351.

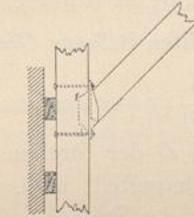


Fig. 352.

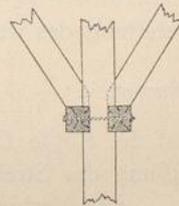


Fig. 348.

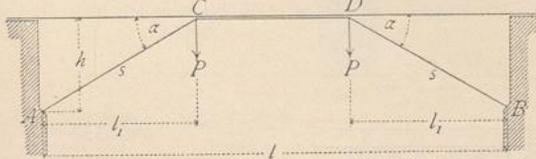
Fig. 349.

Fig. 351.

Fig. 352.

Stemmen sich die Streben gegen h6lzerne Pfoften, so werden sie mit den letzteren entweder durch Verfatzungen und Schrauben (Fig. 348) oder durch guf-eiserne Schuhe (Fig. 351), welche in Fig. 350 besonders dargestellt sind, oder durch Gurth6lzer (Fig. 352) verbunden, welche mit den Pfoften verschraubt werden.

Fig. 353.



Wirken in den Punkten *C* und *D* des fog. doppelten Sprengwerkes (Fig. 353), mit den Abfanden l_1 von den Stutzen *A* und *B*, die Lasten *P* und sind diese von den Streben *AC* und *BD* zu unterstutzen, so erfahrt jede Strebe von

271.
Zweifaches
Sprengwerk.

der Lange $s = \sqrt{l_1^2 + h^2} = \frac{l_1}{\cos \alpha}$ den Langsdruck

$$S = P \frac{s}{h} = P \frac{l_1}{h \cos \alpha} \dots \dots \dots 79.$$

Dieser scheidet am Kopfe und Fusse jeder Strebe als wagrechte Seitenkraft den Druck

$$H = P \frac{l_1}{h} \dots \dots \dots 80.$$

aus, welcher oben vom Balken oder von einem besonderen Spannriegel, unten vom Widerlager aufzunehmen ist. Durch Verbindung von Gleichung 71 u. 79 ergibt sich der Querschnitt aus

$$\beta \delta^3 = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{s^3}{h} P = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{l_1^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 81.$$

und, wenn dieselben Zahlenwerte wie früher eingeführt werden, aus

$$\beta \delta^3 = 0,0000126 \frac{l_1^3}{h \cos^3 \alpha} P \quad \dots \quad 82.$$

Für die Bestimmung des Querschnittes des Spannriegels mit der Breite β_1 und der Dicke δ_1 als der kleineren Abmessung erhält man aus Gleichung 71 u. 80 die Gleichung

$$\beta_1 \delta_1^3 = \frac{12}{C \pi^2 E} \cdot \frac{l_1^3}{h \cos^2 \alpha} P \quad \dots \quad 83.$$

und, wenn wieder dieselben Zahlenwerte eingeführt werden,

$$\beta_1 \delta_1^3 = 0,0000126 \frac{l_1^3}{h \cos^2 \alpha} P \quad \dots \quad 84.$$

Wird der Spannriegel mit dem Balken fest verbunden, so läßt sich in obiger Gleichung $4\pi^2$ statt π^2 setzen, und man erhält den Zahlenkoeffizienten 0,0000031.

Behalten p und q die frühere Bedeutung, so ergibt sich wieder die Gesamtbelastung des wagrechten Balkens $G = (p + q) l$. Nimmt man $l_1 = \frac{l}{3}$ an, so werden hiervon je $\frac{4}{30} G = \frac{4}{30} (p + q) l$ auf die Mauer Schwellen und je $\frac{11}{30} G = \frac{11}{30} (p + q) l = P$ auf die Köpfe C und D der Streben übertragen, wodurch zugleich die größte Belastung der Streben dargestellt wird.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird entweder unmittelbar, teils mittels Verfatzung und Schrauben (Fig. 355), teils mittels gusseiserner Schuhe

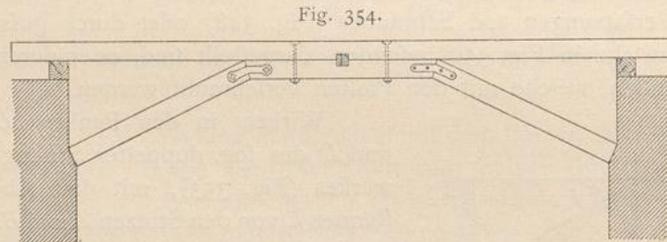


Fig. 354.

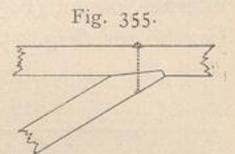


Fig. 355.

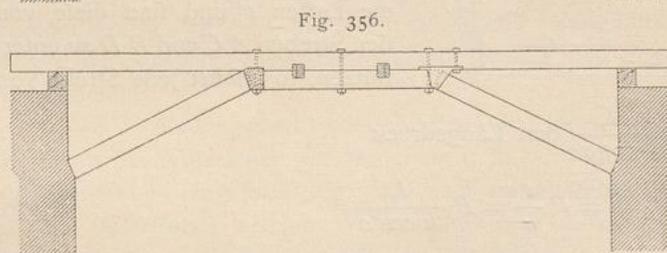


Fig. 356.

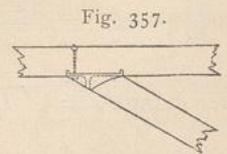


Fig. 357.

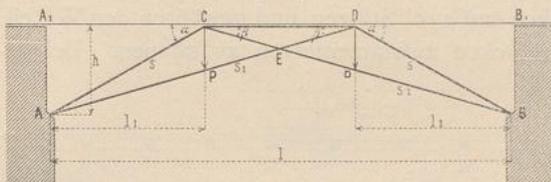
(Fig. 357), oder mittelbar bewirkt, indem man zwischen die Streben einen Spannriegel (Fig. 354 u. 356) einschaltet. Die Streben werden mit diesem Spannriegel entweder durch stumpfen Stoß nebst schmiedeeisernen Winkelbändern (Fig. 354) oder

mittels eines Unterzuges (Fig. 356 links) oder mittels eines gusseisernen Schuhs (Fig. 356 rechts) verbunden. In den Unterzug, welcher an den Balken geschraubt wird, werden Streben und Spannriegel mittels kurzer Zapfen eingefetzt, während der gusseiserne Schuh an den Balken und Spannriegel geschraubt wird, im übrigen aber ähnlich wie der beim einfachen Sprengwerk beschriebene angeordnet ist. Damit Balken und Spannriegel möglichst zusammenwirken, werden beide mittels Dübel und Schrauben (Fig. 354 u. 356) verbunden.

Die Verbindung der Streben mit den Widerlagern entspricht derjenigen des einfachen Sprengwerkes.

Wenn die Belastungen an den Punkten *C* und *D* des doppelten Sprengwerkes verschieden sind, so wirken dieselben auf eine Verschiebung des Parallelogramms *ACDB*. In diesem Falle ist das vom Verfasser konstruierte

Fig. 358.



»versteifte doppelte Sprengwerk« (Fig. 359 u. 360) vorzuziehen, bei welchem die Balken an den Punkten *C* und *D* durch je zwei Streben, wovon die längeren sich kreuzen, unterstützt werden.

Bezeichnen *P* und *Q* die bezw. in den Punkten *C* und *D* (Fig. 358) wirkenden verschiedenen Belastungen, so ist mit Bezug auf die Bezeichnungen in dieser Abbildung die Achsenspannung in der Strebe *AC*

$$S = -P \frac{\cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = -P \frac{(l - l_1) s}{h l}, \quad \dots \quad 85.$$

in der Strebe *CB*

$$S_2 = -P \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} = -P \frac{l_1 s_1}{h l}, \quad \dots \quad 86.$$

in der Strebe *BD*

$$S = -Q \frac{\cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = -Q \frac{(l - l_1) s}{h l} \quad \dots \quad 87.$$

und in der Strebe *AD*

$$S_1 = -Q \frac{\cos \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} = -Q \frac{l_1 s_1}{h l} \quad \dots \quad 88.$$

Im Stützpunkt *A* ist der lotrechte Druck

$$V = \frac{P \sin \alpha \cdot \cos \beta + Q \cos \alpha \cdot \sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = \frac{P(l - l_1) + Q l_1}{l} \quad \dots \quad 89.$$

und der wagrechte Druck

$$H = P + Q \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} = (P + Q) \frac{l_1 (l - l_1)}{h l} \quad \dots \quad 90.$$

Hieraus folgt der Schrägdruck

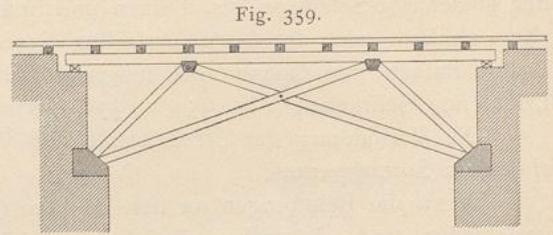
$$R = \sqrt{V^2 + H^2} \quad \dots \quad 91.$$

und sein Neigungsverhältnis

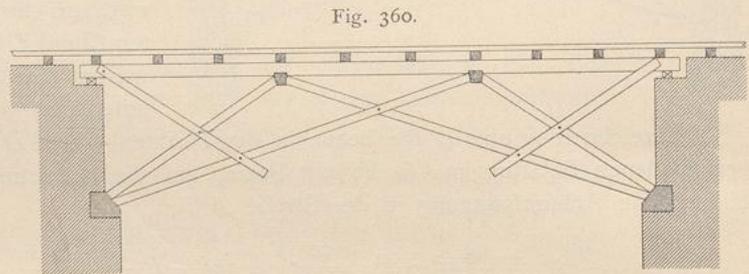
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{V}{H} = \frac{\sin (\alpha + \beta)}{2 \cos \alpha \cdot \cos \beta} = \frac{h}{l_1} \cdot \frac{P(l - l_1) + Q l_1}{(P + Q) l} \quad \dots \quad 92.$$

In konstruktiver Beziehung ist zu bemerken, dass die längeren Streben an ihrem Kreuzungspunkte derart halb zu überblatten und zu verbolzen sind, dass die Achsen-

spannung sich in jeder derselben ungehindert fortpflanzen kann, ohne in der anderen Biegungsspannungen zu erzeugen. Da eine seitliche Ausbiegung dieser Streben bei solcher Verbindungsweise nicht eintreten kann, so ist der bei der Verblattung übrigbleibende Teil des Querschnittes einer Strebe nur so stark zu nehmen, dass er den größten Achsendruck mit Sicherheit aufnehmen kann. Die Balken $A_1 B_1$ sind in den Punkten C und D zu stoßen und durch lotrechte Schlitzzapfen mit wagrechten Bolzen zu verbinden, um welchen letzteren ihre Enden eine kleine Drehung in der lotrechten Ebene ausführen können. Die drei Teile $A_1 C$, CD und $D B_1$ dieser Balken wirken daher je als Balken auf zwei Stützen und gewähren den Vorteil, die Hauptbalken aus kürzeren Balkenstücken zusammensetzen zu können. Bei geringeren Spannweiten genügt die Anordnung in Fig. 359;



bei größeren Spannweiten empfiehlt sich die Anordnung von Hängezangen zur Versteifung der Streben in Fig. 360. Beide Anordnungen eignen sich besonders auch zur künstlerischen Ausbildung weitgespannter Decken mit sichtbarer Holzkonstruktion.



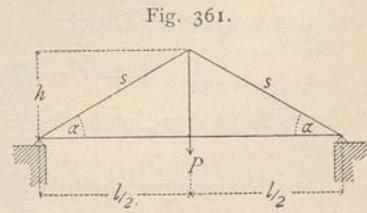
Die Verbindungen der Streben mit den Unterzügen bei C und D sind diejenigen der einfachen Sprengwerke, die Unterstützungen der Streben bei A und B durch Mauerbalken denjenigen der einfachen und doppelten Sprengwerke ähnlich anzuordnen.

c) Hängewerke.

172.
Einfaches
Hängewerk.

Ist ein an beiden Enden frei aufliegender Balken zu schwach, um die ihm zufallende Last zu tragen, und wird er deshalb an einer, an zwei oder mehreren Stellen durch Hängefäulen und Streben unterstützt, so entsteht das einfache (Fig. 363 u. 366), das zweifache (Fig. 375) und das mehrfache Hängewerk. Das Hängewerk ist somit als ein Sprengwerk mit einer, zwei oder mehreren Hängefäulen anzusehen.

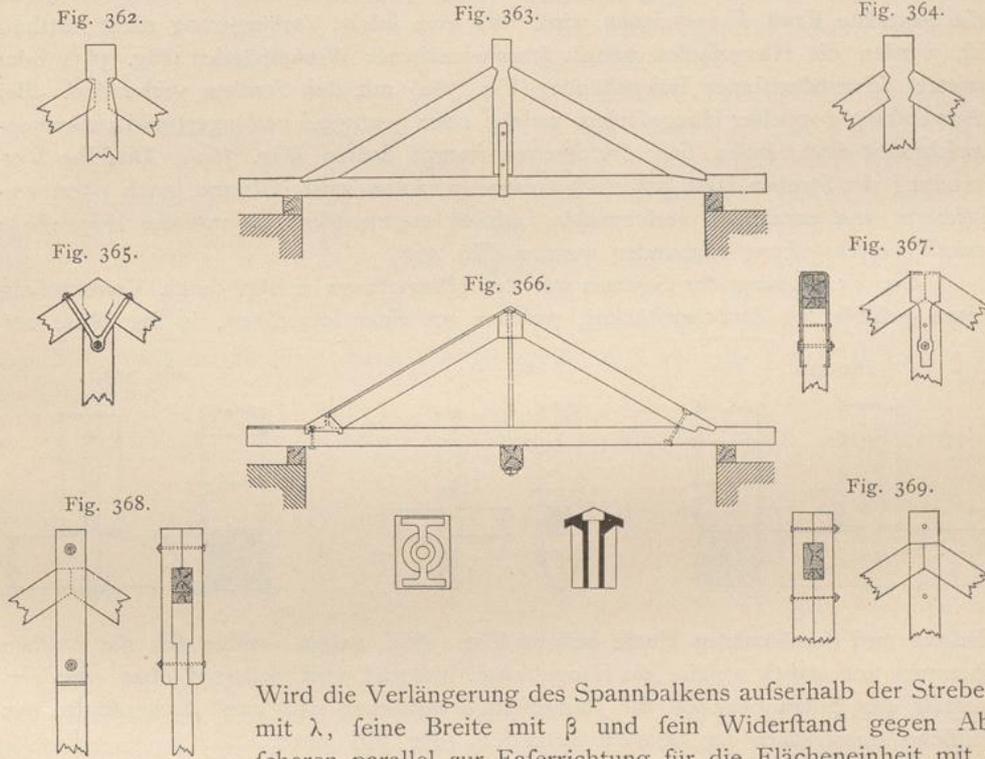
Der Grundgedanke des einfachen Hängewerkes oder des sog. einfachen Hängebockes wird durch Fig. 361 veranschaulicht.



Wirkt in der Mitte des wagrechten Balkens die Last P , so ist dieselbe durch die Hängefäule auf die beiden Streben zu übertragen, mithin ihre parallel zur Achse wirkende Zugspannung

$$V = P, \dots \dots \dots 93.$$

welche in ähnlicher Weise, wie beim einfachen Sprengwerk, berechnet werden kann. Am oberen Ende der Hängefäule zerlegt sich diese Spannung in der Richtung der beiden Streben und erzeugt in ihnen denselben, durch Gleichung 75 dargestellten Längsdruck, wie beim einfachen Sprengwerk, während der Balken eine Achsenzugs-
spannung erfährt, welche dem durch Gleichung 76 dargestellten Seitendruck H numerisch gleich ist. Der Balken muß diese Zugspannung aufheben; das Hänge-
werk erzeugt also einen Seitendruck, wie das Sprengwerk, nicht, sondern übt, wie
der Balken, einen nur lotrechten Druck auf seine Unterlagen aus. Dagegen muß
der Balken so lang sein, daß das Abscheren durch die Streben vermieden wird.



Wird die Verlängerung des Spannbalkens auferhalb der Streben mit λ , seine Breite mit β und sein Widerstand gegen Abscheren parallel zur Faserrichtung für die Flächeneinheit mit v bezeichnet, so ergibt sich die für eine Verfassung erforderliche Verlängerung

$$\lambda = \frac{H}{v \beta}, \dots \dots \dots 94.$$

worin für das Quadr.-Centimeter Nadel- und Eichenholz bzw. $v = 6 \text{ kg}$ und 8 kg gesetzt werden kann.

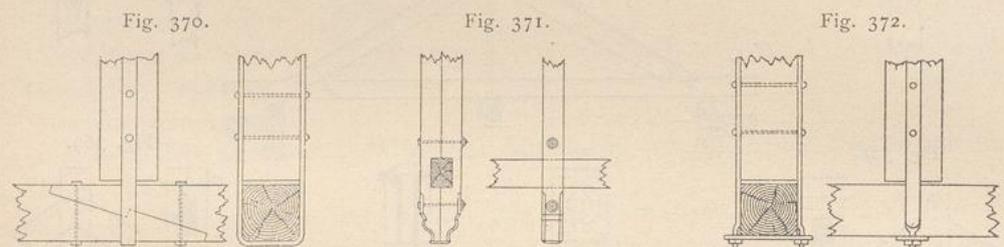
Das einfache Hängewerk enthält entweder Hängefäulen mit schmiedeeisernen Bändern, welche den Spannbalken tragen (Fig. 363), oder Hängestangen, welche den Spannbalken oder diesen nebst einem Unterzug durchsetzen (Fig. 366), und dann meist gußeiserne Verbindungsteile am Kopf und Fuß der Streben.

Die Verbindung der Streben mit dem Balken wird teils durch einfache (Fig. 363) oder doppelte Verfassung (ohne oder mit Zapfen) und Schrauben (Fig. 366 rechts), teils durch eiserne, mit dem Spannbalken verschraubte Schuhe (Fig. 366 links) bewirkt. Diese Schuhe werden mit zwei oder mehreren, in den Spannbalken

eingreifenden Krampen versehen, um auf dem Spannbalken nicht durch den Seiten-
druck der Streben verschoben zu werden. Sobald der Winkel, unter welchem die
Streben zum Spannbalken geneigt sind, 30 Grad überschreitet, sind die Schrauben,
welche in Verbindung mit der einfachen oder doppelten Verfassung angewendet
werden und das Auspringen der Streben aus ihren Sitzen verhindern sollen, nicht
mehr unbedingt erforderlich.

Die Verbindung der Streben mit der Hängefäule wird teils durch einfache
(Fig. 363), teils durch doppelte Verfassung (Fig. 364) ohne oder mit Zapfen
(Fig. 362) bewirkt, in welchen Fällen die Hängefäule oben so weit über die Ver-
bindungsstelle hinaus verlängert werden muß, daß das Abscheren derselben durch
die lotrechte Kraft V vermieden wird. Wo eine solche Verlängerung nicht statthaft
ist, werden die Hängefäulen mittels schmiedeeiserner Winkelbänder (Fig. 365) oder
mittels schmiedeeiserner Hängebänder (Fig. 364) mit den Streben verbunden. Bei
Anwendung doppelter Hängefäulen, welche oben genügend verlängert und zusammen-
geschraubt sind, lassen sich die Streben stumpf stoßen (Fig. 369). Dieselbe Ver-
bindung der Streben läßt sich auch anwenden, wenn zwei hölzerne, nach oben ver-
längerte und unter sich verschraubte Laschen angewendet und mit der Hängefäule
durch Verchränkung verbunden werden (Fig. 368).

Die Verbindung der Streben mit der Hängestange erfolgt durch Vermittelung
eines gußeisernen Zwischenstückes, welches aus einer lotrechten, in der Mitte ver-



dicke und durchlochtes Platte besteht (Fig. 366), gegen welche sich die Streben
stemmen und durch welche die Hängestange gesteckt wird, während oben eine Ver-
tiefung den Schraubenkopf der Hängestange aufnimmt und zwei Backenstücke das
seitliche Ausweichen der Streben verhindern (Fig. 366 unten).

Die Verbindung der Hängefäule mit dem Balken wird meist entweder durch
schmiedeeiserne Bänder (Fig. 370), welche den Balken umschließen und an die
Hängefäule angebolzt sind, oder durch Hängeeisen (Fig. 371) bewirkt, welche unten
mit Schrauben versehen sind und eine Querplatte aufnehmen, worauf der Spann-
balken ruht. Muß der Spannbalken gestoßen werden, so kann dies durch ein
schräges Hakenblatt (Fig. 373) geschehen. Werden doppelte Hängefäulen an-
gewendet, welche durch Schrauben verbunden werden (Fig. 371), so schneidet man
erstere aus und läßt sie den Balken umfassen.

Das zweifache Hängewerk oder der sog. doppelte Hängebock ist in Fig. 373
in einfachen Linien dargestellt. Wirken in den Punkten D und F mit den Ab-
ständen l_1 von den Stützen A und B die Lasten P, P , welche in ähnlicher Weise,
wie beim doppelten Sprengwerk zu berechnen sind, so sind dieselben durch die
beiden Hängefäulen, welche die Zugspannung P erfahren, auf die Streben und auf
den zwischen ihnen eingeschalteten Spannriegel zu übertragen; dieselben erfahren

dadurch bzw. die durch Gleichung 79 u. 80 gegebene Druckspannung, während gleichzeitig der Balken durch die von den Streben erzeugten wagrechten Kräfte in

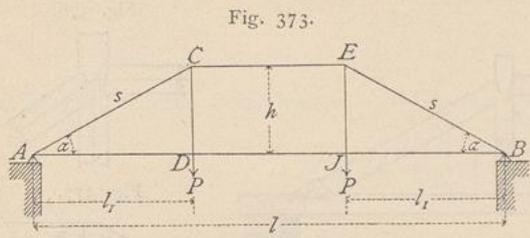


Fig. 373.

Gleichung 80 gezogen wird und dieselben zu vernichten hat. Auch das zweifache Hängewerk übt daher einen nur lotrechten Druck auf seine Auflager aus. Dagegen muß der Spannbalken auch hier auf jeder Seite um die durch Gleichung 94 gegebene Abmessung länger, als die Stützweite l sein, damit das Abscheren desselben nicht stattfindet.

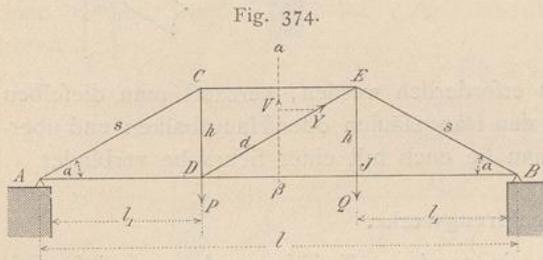


Fig. 374.

Solange das doppelte Hängewerk in den Punkten D und J (Fig. 374) gleich belastet wird, ist eine Versteifung des rechteckigen Feldes $CDEJ$ statisch nicht erforderlich. Haben aber die Punkte D und J bzw. die Last P und Q zu tragen (Fig. 374), wovon Q die grössere ist, so bedarf

jenes Feld einer Aussteifung durch die Diagonale DE mit der Länge d und der Druckspannung

$$Y = \frac{d}{h} V = -\frac{d l_1}{h l} (Q - P), \quad \dots \dots \dots 95.$$

welche für $Q = \frac{11}{60} (p + q) l$ und $P = \frac{11}{60} p l$ ihren Höchstwert erreicht.

Für $l_1 = \frac{l}{3}$ wird

$$Y = -\frac{d}{3h} (Q - P) \quad \dots \dots \dots 96.$$

Wecheln die Belastungen P und Q der Punkte D und J , so erfordert dieser Belastungszustand eine Diagonale CJ mit derselben größten Beanspruchung auf Druck. Können beide Belastungszustände nacheinander eintreten, dann sind zwei Diagonalen DE und CJ einzuschalten, um in beiden Fällen das Verschieben des Rechteckes $CDEJ$ zu verhindern.

Das zweifache Hängewerk erhält entweder zwei Hängefäulen mit schmiedeeisernen Bändern (Fig. 375) oder schmiedeeiserne Hängestangen, die den Spannbalken tragen und den beim einfachen Hängewerk beschriebenen ähnliche Anordnungen erfordern. Insbesondere sind die Verbindungen der Hängefäulen und der Streben mit dem Spannbalken den bzw. in Fig. 370 bis 372, in Fig. 363 und in Fig. 366 links und rechts dargestellten entsprechend. Dagegen erfordert die Verbindung der Hängefäule mit den Streben und dem Spannriegel eine etwas abweichende Anordnung. Entweder läßt man Streben und Spannriegel mittels Zapfen und Versatzung in die Hängefäule eingreifen, in welchem Falle die Hängefäule nach oben so weit zu verlängern ist, daß das Abscheren durch die Kraft P nicht erfolgen kann (Fig. 376), oder man setzt, wo eine solche Verlängerung der Hängefäule nicht statthaft ist, Strebe und

Spannriegel mit Versatzung in dieselbe ein und verbindet sie durch je zwei dreiarmige Bänder, welche man mittels je dreier durchgehender Schrauben befestigt

Fig. 375.

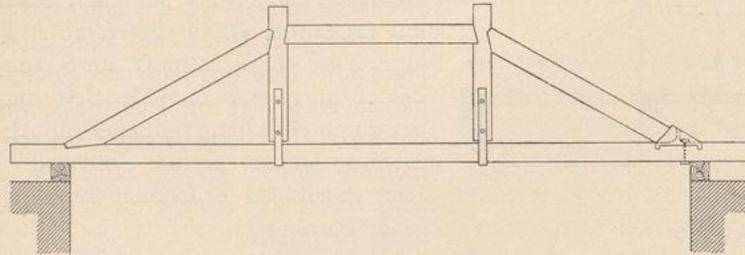


Fig. 376.

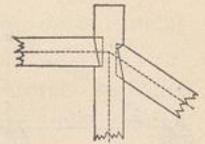
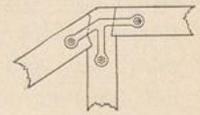


Fig. 377.



(Fig. 377). Wo gekreuzte Diagonale erforderlich werden, verzapft man dieselben oben mit den Hängefäulen, unten mit den Hängefäulen oder Hauptbalken und überblattet sie am Kreuzungspunkte, wo man sie noch mit einer Schraube verbindet.

d) Hängesprengwerke.

174.
Grundgedanke
und
Konstruktion.

Erfordert ein Balken Unterstützung in 3 oder 4 Zwischenpunkten, so läßt sich hierzu eine Verbindung von Sprengwerk und Hängewerk, und zwar bezw. das einfache und das doppelte Hängesprengwerk (Fig. 378 u. 379) anwenden.

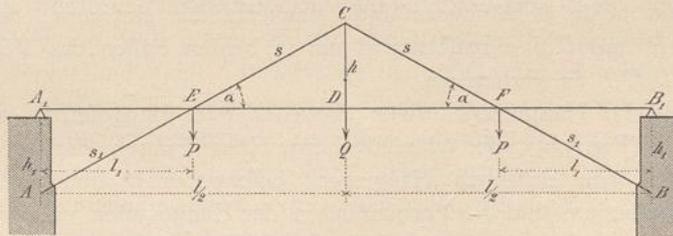
Wird beim einfachen Hängesprengwerk jeder der Punkte E und F mit der Last P und der Punkt C mit der Last Q beschwert, so erfährt die Hängefäule die Spannung $V = Q$, 97. während die Strebenteile CE und CF die Spannungen

$$S = -\frac{V}{2 \sin \alpha} = -\frac{s}{2h} V \dots\dots\dots 98.$$

annehmen. Der Teil EF des Hauptbalkens erleidet den Zug

$$H = \frac{V}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\frac{l}{2} - l_1}{2h} V \dots\dots\dots 99.$$

Fig. 378.



In den Punkten E und F wirken die Gesamtgewichte $P + \frac{Q}{2}$, welche in den Strebeteilen EA und FB die Druckspannungen

$$S_1 = -\frac{P + \frac{Q}{2}}{\sin \alpha} = -\frac{s_1}{h_1} \left(P + \frac{Q}{2} \right) \dots\dots\dots 100.$$

und im Teile EF des wagrechten Balkens die Druckspannung

$$H_1 = -\frac{P + \frac{Q}{2}}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{l_1}{h_1} \left(P + \frac{Q}{2} \right) \dots \dots \dots 101.$$

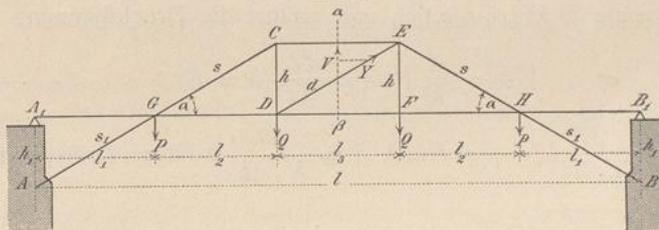
erzeugen, woraus sich, wegen $\frac{\frac{l}{2} - l_1}{h} = \frac{l_1}{h_1}$, seine Gefamtspannung zu

$$H + H_1 = \frac{l_1}{h_1} \left(\frac{V}{2} - P - \frac{Q}{2} \right) \dots \dots \dots 102.$$

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile A_1E , ED , DF und FB_1 gleich lang angenommen, so find, wenn $G = (p + q) l$ die Gefamtbelastung des Hauptbalkens bezeichnet,

Fig. 379.



$P = \frac{32}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{32}{4 \cdot 28} (p + q) l$ und $Q = \frac{26}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{26}{4 \cdot 28} (p + q) l$, während die Auflager die Drücke $A_1 = B_1 = \frac{11}{28} \cdot \frac{G}{4} = \frac{11}{4 \cdot 28} (p + q) l$ aufzunehmen haben.

Wird beim doppelten Hängesprengwerk jeder der Punkte G, H und D, F bezw. mit dem Gewichte P und Q belastet (Fig. 379), so erfahren die Hängefäulen die Spannung

$$V = Q, \dots \dots \dots 103.$$

die Strebenteile CG und EH die Druckspannungen

$$S = -\frac{V}{\sin \alpha} = -\frac{s}{h} V, \dots \dots \dots 104.$$

während der Spannriegel den Druck

$$R = -\frac{V}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{l_2}{h} V \dots \dots \dots 105.$$

und der Hauptbalkenteil GH den zahlenmäsig gleichen Zug

$$H = \frac{V}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{l_2}{h} V \dots \dots \dots 106.$$

erleiden.

In den Punkten G und H wirken die Lasten $P + Q$, welche in den Strebeteilen AG und HB die Druckspannungen

$$S_1 = -\frac{P + Q}{\sin \alpha} = -\frac{s_1}{h_1} (P + Q) \dots \dots \dots 107.$$

und im Hauptbalkenteil GH die Druckspannung

$$H_1 = -\frac{P + Q}{\operatorname{tg} \alpha} = -\frac{l_1}{h_1} (P + Q) \dots \dots \dots 108.$$

erzeugen, woraus sich, wegen $\frac{l_2}{h} = \frac{l_1}{h_1}$, die Gesamtspannung des letzteren zu

$$H + H_1 = \frac{l_1}{h} (V - P - Q) \dots \dots \dots 109.$$

ergibt.

Werden die Hauptbalkenteile $A_1 G$, GD , DF , FH und HB_1 gleich lang angenommen, so find, wenn $G = (p + q) l$ die Gesamtbelastung des Hauptbalkens bezeichnet, $P = \frac{43}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{43}{5 \cdot 38} (p + q) l$ und $Q = \frac{37}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{37}{5 \cdot 38} (p + q) l$,

während die Auflager die Drücke $A_1 = B_1 = \frac{15}{38} \cdot \frac{G}{5} = \frac{15}{5 \cdot 38} (p + q) l$ aufzunehmen haben.

Wenn das doppelte Hängesprengwerk in den Punkten D und F ungleich, und zwar bezw. durch R und S , wovon die letztere die größere ist, belastet wird, so ist die Diagonale DE erforderlich und erfährt die Druckspannung

$$Y = -\frac{d}{h} V = -\frac{d l_2}{h l} (S - R), \dots \dots \dots 110.$$

welche für $S = \frac{37}{5 \cdot 38} (p + q) l$ und $R = \frac{37}{5 \cdot 38} p l$ ihren Größtwert erreicht. Für

$l_2 = \frac{l}{5}$ wird

$$V = -\frac{d}{5h} (S - R) \dots \dots \dots 111.$$

Die Verbindungen der Hängefäulen mit den Balken, der Hängefäulen mit den Streben und Spannriegeln, sowie der Streben mit ihren Stützpunkten stimmen mit den entsprechenden Verbindungen der Sprengwerke und der Hängewerke überein; dagegen erfordern die Streben und Balken an denjenigen Stellen, wo sie sich kreuzen, eine besondere Verbindung. Wo die Stärken der Balken und Streben dies gestatten, werden dieselben so überblattet, daß von den Streben als den Hauptträgern höchstens $\frac{1}{3}$ ihrer Dicke ausgechnitten wird (Fig. 380 u. 381 links). Sollen die Streben überhaupt nicht verschwächt werden, so wendet man zwei Balken von geringerer Breite an, welche in

Fig. 380.

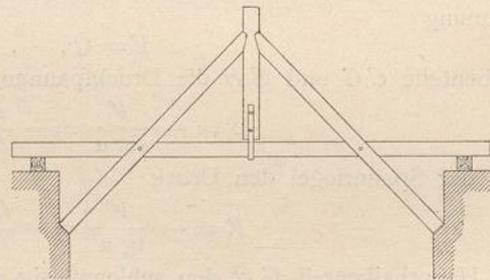
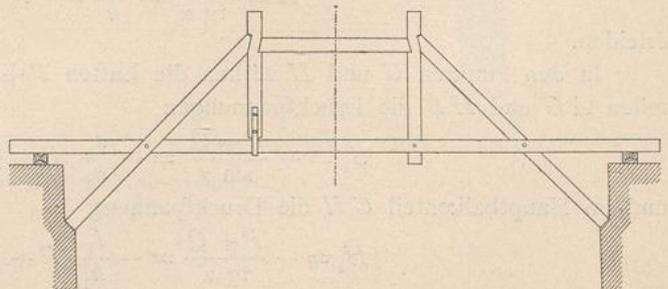


Fig. 381.



die Streben an ihren Kreuzungsstellen etwas eingelassen werden, während man die Hängefäulen zwischen den doppelten Balken nach unten verlängert und dort die Balken ebenfalls etwas einläßt (Fig. 381 rechts). Bei Anwendung sowohl einfacher, als auch doppelter Balken werden dieselben an ihren Kreuzungsstellen überdies durch Schraubenbolzen mit den Streben verbunden; ebenso werden die verlängerten Hängefäulen mit den doppelten Balken an ihren Kreuzungsstellen verschraubt. Wo zur Versteifung des rechteckigen Mittelfeldes gekreuzte Diagonale erforderlich sind, werden dieselben in der beim doppelten Hängewerk angegebenen Weise eingefetzt und befestigt.

5. Kapitel.

Bohlen- und Bretterverbände.

Die Verbände von Bohlen und Brettern bezwecken meist die Herstellung entweder von wagrechten Bauteilen, wie Böden und Decken, oder von lotrechten Bauteilen, wie Wänden und Wandbekleidungen, Türen und Thoren, oder von Bauteilen, welche aus Bohlen von verschiedener Neigung zusammengesetzt sind. Dieselben sind wesentlich verschieden, je nachdem sie in einer Ebene, in zwei zu einander parallelen Ebenen oder in mehreren, unter einem Winkel zu einander geneigten Ebenen zusammenzufetzen sind.

a) Verbände in einer Ebene.

1) Verbreiterungen.

Die Bohlen- und Bretterverbände in einer wagrechten Ebene werden je nach dem niedrigeren oder höheren Grade des Zusammenhanges mittels der geraden und schrägen Fuge, mittels Falz, mittels Nut und Feder oder mittels Verzapfung, Nut und eingelegter Feder, diejenigen in einer lotrechten Ebene je nach dem besonderen Zwecke mittels gerader und schräger Fugen ohne und mit Deckleisten, Falz oder Keil- und Quadratspundung, Nut und Feder bewirkt.

Das Herstellen der geraden und schrägen Fuge wird bezw. Säumen und Meßern genannt. Die Fuge wird in beiden Fällen mit einem Handhobel glatt gehobelt und

175.
Verfahren
der
Verbreiterung.

176.
Säumen und
Meßern.

Fig. 382.



Fig. 383.

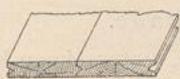
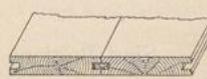


Fig. 384.



Fig. 385.



die Befestigung der Bretter mit Hilfe von Leim oder mittels eines gut bindenden Kittes bewirkt.

Beim Falzen wird die Fuge der Bretter oder Bohlen mittels Falzhobel mit einem Falze (Fig. 382) versehen, dessen Tiefe und Breite ihrer halben Dicke gleich kommt. Jedenfalls muß der Falz größer sein als das Maß, um welches die Bohle voraussichtlich schwindet. Da dieses Schwinden mit der Breite der Bohlen wächst, so empfiehlt es sich, schmale Bohlen anzuwenden.

177.
Falzen.

178.
Spundung.

Bei Brettern oder schwachen Bohlen wird die Keilspundung (Fig. 383), bei stärkeren Bohlen die Quadratspundung (Fig. 384) mit Vorteil angewendet, wobei die Tiefe der Nut der Breite der Feder entspricht. Nur bei Spundwänden, welche zugleich so zu dichten sind, daß sie kein Wasser durchlassen, macht man die Nut etwas tiefer und gießt den nach dem Zusammenfügen verbleibenden Zwischenraum mit dünnflüssigem Zement aus.

179.
Nut und
Feder.

Bei der Verbindung mittels Nut und Feder sowohl von Brettern mit gleicher Dicke (z. B. von Fußboden- und Friesbrettern), als auch mit ungleicher Dicke (z. B.

Fig. 386.

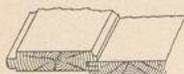


Fig. 387.



Fig. 388.

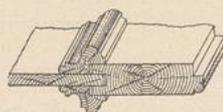
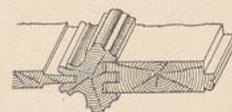


Fig. 389.



von Rahmfücken mit Füllungen) wird entweder die Feder an die eine Seite der Bohlen angearbeitet oder von härterem Holz angefertigt und in die zu beiden Seiten der Bohlen angearbeiteten Nuten eingelegt (Fig. 385). Statt der hölzernen schiebt man in besonderen Fällen Federn von starkem Zinkblech ein. Wo schmale und stets trockene Bretter oder Bohlen auf diese Weise zu verbinden sind, läßt man die Feder die Nut vollkommen ausfüllen; wo aber das Quellen des Holzes zu befürchten ist, macht man die Nut so tief, daß die Feder den nötigen Spielraum hat. In demselben Falle macht man auch die Nut so weit, daß die Feder in derselben nicht feststeckt, sondern daß sie beim Schwinden des Holzes der Bewegung desselben folgen kann. Dies gilt besonders für die Verbindung von starken Rahmhölzern mit schwachen Füllungen, damit die letzteren beim Schwinden nicht reißen. Solche Rahmfücken und Füllungen werden teils ohne, teils mit Zwischenstück verbunden (Fig. 386 bis 389), welches entweder aufgelegt oder besser mittels Nut und Feder eingeschaltet und mehr oder minder reich profiliert wird. Werden Füllungen mittels Nut und Feder so in das Rahmfücken eingesetzt, daß sie vorspringen oder nicht, so erhält man bezw. die überschobenen (Fig. 386) und eingeschobenen (Fig. 387) Füllungen.

Fig. 390.

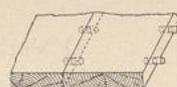


Fig. 391.



180.
Verzapfung.

Die Verzapfung von Brettern und Bohlen wird selten durch angearbeitete, sondern meist durch cylindrische oder prismatische Zapfen aus härterem Holze bewirkt, welche vielfach durch Maschinen hergestellt und besonders eingesetzt werden (Fig. 390 u. 391).

2) Winkelverbände.

181.
Verfahren
des
Verbandes.

Sind Bohlen, welche in einer Ebene liegen, unter einem Winkel zu verbinden, so werden sie mittels Gehrung ohne oder mit eingelegter Feder, mit Verblattung ohne oder mit Gehrung (Fig. 392 u. 393) und mit Verzapfung ohne oder mit Gehrung (Fig. 394 u. 395) zusammengesetzt.

Fig. 392.

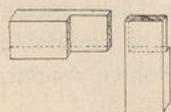


Fig. 393.

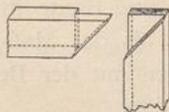


Fig. 394.

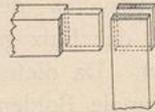
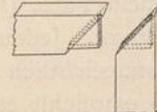


Fig. 395.



Die Gehrungsfuge muß den Winkel, unter welchem die Verbandstücke zusammenstoßen, halbieren und erfordert eine besondere Befestigung, welche durch eine drei- oder viereckige eingelegte Feder aus härterem Holze mittels hölzerner oder eiserner Nägel bewirkt wird.

182.
Gehrung.

Fig. 396.

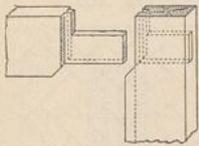
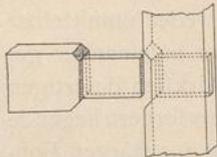


Fig. 397.



Die Verblattung dient zum Winkelverbande schwächerer Bohlen. Die beiden Blattstücke werden in ihrer halben Stärke so ausgeschnitten, daß äußerlich entweder eine Gehrungsfuge entsteht oder nicht. In beiden Fällen sind die Verbandstücke durch mindestens zwei Nägel zu befestigen.

183.
Verblattung.

Die Verzapfung wird zur Verbindung stärkerer Bohlen unter einem Winkel angewendet und erfordert einen Eck- oder einen Mittelzapfen, je nachdem die Bohlen an beiden Enden zu verbinden sind oder nicht (Fig. 396 u. 397). Soll der Eckverband äußerlich Gehrungsfugen zeigen, so ist der Zapfen dreieckig herzustellen (Fig. 395).

b) Verbände in zwei parallelen Ebenen.

Wo eine einzige Bohlenlage die hinreichende Stärke nicht besitzt, wendet man zwei oder mehrere Lagen an, welche entweder mit parallelen, aber versetzten Längsfugen oder, wo zugleich die Drehung derselben vermieden werden soll, mit sich

184.
Verzapfung.

Fig. 398.

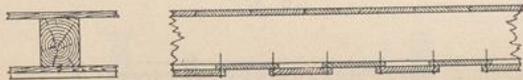


Fig. 399.

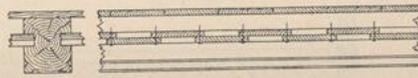
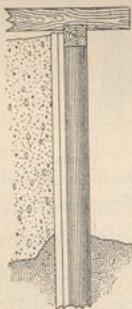


Fig. 400.



kreuzenden Längsfugen entweder unmittelbar aufeinander oder, behufs Herstellung eines Hohlraumes, in einem gewissen Abstände mittels einzelner, zwischen sie eingeschalteter Bohlenstücke verbunden werden.

Bei starken Verbänden werden die Balken mit ihren Längsfugen dicht aneinander und letztere so gelegt, daß sie in jeder Bohlenlage gegeneinander um etwa eine halbe Bohlenbreite, also so versetzt sind, daß immer »voll auf Fuge« kommt.

185.
Parallele
Längsfugen.

Hierher gehören auch die beiden Bretterlagen von Parkettböden, wobei die untere Lage, der Blindboden, aus gewöhnlichen, unbehobelten und ungefümten Brettern besteht, welche auf die Balken oder auf besondere Lagerhölzer senkrecht zu denselben gelagert werden, und die obere Lage meist aus quadratischen Täfelchen besteht, welche mittels Nut und eingelegter Feder aus hartem Holze aneinander gefügt und auf die untere Bohlenlage mit in die Nuten schräg eingefetzten Nägeln oder besser mit Schrauben befestigt werden.

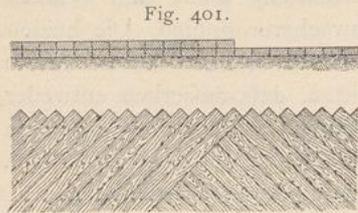


Wo es sich um einen dichten Abschluß mittels nur gefäumter Bretter handelt, läßt man Zwischenräume zwischen den einzelnen Brettern beider Lagen, welche schmäler als die Brettbreiten sind, so daß die Bretter sich gegenseitig überdecken und aufeinander genagelt werden können. Diese Verbindungsweise von Brettern und Bohlen besitzen die sog. Stülpdecken (Fig. 398 u. 399), welche man in Räumen anwendet, wo geputzte Decken wegen der darin entwickelten Feuchtigkeit und schädlichen Ausdünstung (z. B. in Stallungen) Dauer nicht

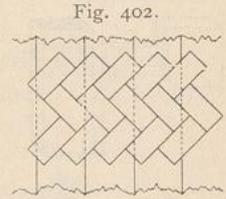
186.
Gekreuzte
Längsfugen.

versprechen, und die fog. Stülpwände (Fig. 400), welche man bei Herstellung von Fangdämmen, der Holzersparris halber, anstatt dichter, doppelter Bohlenlagen ausführt.

Wo die beiden Lagen von Balken oder Brettern ein möglichst unverschiebliches Ganze bilden sollen, werden dieselben unter verschiedenen Winkeln, welche meist



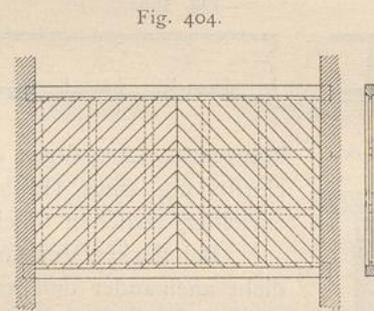
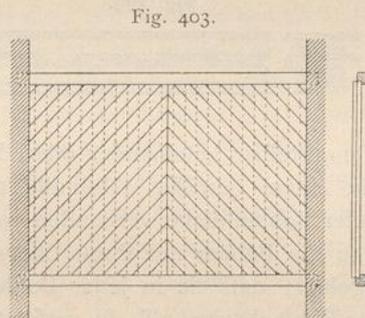
zwischen 45 und 90 Grad sich bewegen, entweder unmittelbar oder mittelbar aufeinander genagelt. Die stärksten derartigen Verbindungen erfordern liegende Roste, welche aus starken Bohlen herzustellen sind und sich weder verschieben, noch durch-



biegen dürfen. Um einen Verschnitt an den Enden zu vermeiden, kreuzt man dieselben unter einem Winkel von 90 Grad (Fig. 401) und nagelt sie an mehreren geeigneten Stellen.

Hierher gehören ferner diejenigen Parkettböden, bei welchen der Blindboden aus senkrecht zu den Balken oder Lagerhölzern auf dieselben genagelten Brettern besteht, während die Täfelchen des oberen Belages so verlegt werden, daß ihre Fugen diejenigen der Bretter unter einem gleichen oder unter verschiedenen Winkeln kreuzen (Fig. 402).

Zweier Lagen gekreuzter Bohlen bedient man sich ferner zur Herstellung leichter Wände, wobei man die eine Lage aus lotrechten, die andere Lage aus meist unbehobelten, gegen die Mitte der Wand geneigten Brettern herstellt, welche



man an die ersteren nagelt (Fig. 403). Die geneigten Bretter bilden mit jenen lotrechten zusammen eine Art Hängewerk, wodurch sich diese fog. gesprengten Bretterwände frei tragen. Um solche Wände zu schlechteren Leitern der Wärme und des Schalles zu machen, schaltet man zwischen die beiden Bretterlagen ein aus Bohlen hergestelltes Riegelgerüst ein (Fig. 404), an welches die gegen die Mitte der Wand geneigten Bretter genagelt werden.

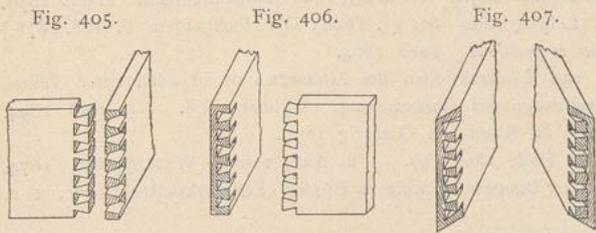
Hierher sind auch die auf den Sparren von Pult- oder Satteldächern angewendeten Verfchalungen zu rechnen, deren Schalbretter die Sparren unter Winkeln von etwa 45 Grad kreuzen und auf dieselben genagelt werden. Der hierdurch gebildete Dreieckverband verhindert die Verschiebung der Binder und dient als wirksamer Ersatz für einen besonderen Windverband.

c) Verbände in zwei zu einander geneigten Ebenen.

187.
Verzinkung.

Der einfachste Verband zweier unter einem Winkel sich treffender Bohlen bildet die gerade oder schräge Fuge, welche beide indes eine Befestigung durch

Leim, durch Nagelung oder durch beides erfordern. Einen besseren Verband liefert die Verzinkung, bei welcher die einzelnen Zinken entweder durch die ganze Dicke der Bretter hindurchreichen (Fig. 405) oder, um das Hirnholz der Zinken an einer



Seite zu verdecken, eine Länge von nur $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ der Brettstärke erhalten (Fig. 406), wodurch die verdeckte Verzinkung entsteht. Um die Verzinkung an beiden Seiten zu verdecken, wie dies bei allen feineren Arbeiten erforderlich ist, wendet man die Verzinkung

auf Gehrung (Fig. 404) an, obwohl die Bearbeitung derselben schwieriger ist und mehr Zeit erfordert. Um die Verzinkung zur Befestigung der unter einem Winkel zu verbindenden Bohlen noch wirkfamer zu machen, werden letztere überdies verleimt.

Einen wirkfameren Winkelverband von Bohlen erreicht man indes durch zwei oder mehrere eiserne Winkelbänder, deren beide Schenkel man auf die zu verbindenden Bretter auflegt oder in dieselben einläßt und dann durch Nägel oder besser durch Schrauben mit ihnen verbindet. Der festeste Winkelverband von Bohlen wird durch je ein aufgelegtes oder eingelassenes Winkeleisen von der Länge der zu verbindenden Bretter hergestellt, welches man in derselben Weise befestigt.

188.
Verband
mittels Eifen.

Litteratur.

- Bücher über »Konstruktionselemente in Holz«, fowie über »Zimmerwerkskunde« und »Bauschreinerei«.
- JOUSSE, M. *Le théâtre de l'art de la charpenterie, enrichi de diverses figures avec l'interprétation d'icelles. La Fleche 1664.*
- SCHÜBLER, J. J. Nützliche Anweisung zur unentbehrlichen Zimmermanns-Kunst. Nebst italiänischen, französischen und teutschen Heng- und Sprengwerken. Nürnberg 1731.
- SCHÜBLER, J. J. *Sciographica artis lignariae, od. nützliche Eröffnung zu der sichern fundamentalen Holz-Verbindung bey dem Gebrauch der unentbehrlichen Zimmermanns-Kunst.* Nürnberg 1736.
- REUSS. Anweisung zur Zimmermannskunst. Leipzig 1764. — 3. Aufl. 1789.
- KRAFFT, J. CH. *Plans, coupes et élévations de diverses productions de l'art de la charpente.* Paris 1805.
- HOFFMANN, J. G. Hauszimmerkunst. Königsberg 1819.
- TREGOLD, T. *Elementary principles of carpentry.* London 1820. — 7. Aufl. von E. W. TARN. 1886.
- MITTERER, H. Die deutsche Zimmerwerks-Kunst etc. München 1825. — 5. Aufl. 1840.
- NOSBAN, L. Vollkommenes Handbuch für Möbel- und Gebäudeschreiner etc. Ulm 1829.
- MATTHAEY, C. Theoretisch-praktisches Handbuch für Zimmerleute etc. Weimar 1829—40. — 5. Aufl. von W. HERTEL. 1862.
- ROMBERG, A. Die Zimmerwerks-Kunst. München 1831—33. — 3. Aufl. 1850.
- HÖRNIG, G. S. Grundsätze und Erfahrungen in Betreff der verschiedenen Zimmerarbeiten bei dem Land- und Wasserbau. Dresden und Leipzig 1834. — 4. Aufl. von R. HEYN. Leipzig 1875.
- EMY, A. R. *Traité de l'art de la charpenterie.* Paris 1837—41. — Neue Aufl. 1878. — Deutsch von L. HOFFMANN. Leipzig 1847—49. — Neue Ausgabe 1860.
- HAMPPEL, J. C. G. Lehrbuch der höheren Zimmerkunst. Leipzig 1839.
- COULON, A. G. *Menuiserie descriptive etc.* Paris 1844. — Neue Aufl. 1869.
- ADHÉMAR, A. J. *Traité de charpente.* Paris 1849. — 4. Aufl. 1872.
- De la charpente.* Brüssel 1852.

- GRELLMANN, C. T. Lehrbuch der praktischen Zimmerkunst. Leipzig 1858.
- MÜLLER, H. Die Hauszimmerkunst. Leipzig 1858.
- FINK, F. Die Schule des Bautischlers. Leipzig 1858. — 3. Aufl.: Der Bautischler oder Baufchreiner und der Fein-Zimmermann. 1877.
- GEIER, F. Statistische Uebersicht der Holzverbindungen von Mittel- und Süddeutschland. Mainz 1859.
- HARRES, B. Die Schule des Zimmermanns. Leipzig 1860—62. (I. Theil: Die Hochbauten. 6. Aufl. 1878.)
- CABANÉ, B. *Charpente générale théorique et pratique*. Paris 1864.
- BEHSE, W. H. Die praktischen Arbeiten und Konstruktionen des Zimmermanns in allen ihren Theilen. 6. Aufl. von MATTHAEY's Baukonstruktionen des Zimmermanns. Weimar 1868. — 9. Aufl. 1894. 10. Aufl.: Der Zimmermann etc. Von H. ROBRADÉ. Leipzig 1899.
- PROMNITZ, J. Der praktische Zimmermann. Halle 1868—69. — 2. Aufl. von G. WANDERLEY. 1874.
- MÖLLINGER, C. Baukonstruktions-Vorlagen der Baugewerkschule zu Höxter. Zimmerkonstruktionen. 1. u. 2. Heft. Halle 1869.
- FRANKE, G. Der praktische Bautischler. Halle 1870.
- DELATAILLE, E. *Art du trait pratique de charpente. Continuation des ouvrages commencés par F. IARROUIL*. Tours 1870—80. — 2. Aufl. 1888.
- WOLFRAM, L. F. Darstellung der Zimmer-Bauwerke von den einfachsten Holzverbindungen bis zu großen zusammengesetzten Dächern, Treppen, Brücken, Maschinen etc. Stuttgart 1872.
- BROUSSE, P. *Enseignement sur l'art de la charpenterie*. Bordeaux 1873.
- LEHFELD, P. Die Holzbaukunst. Berlin 1880.
- BOMSTORFER, K. A. Die Bautischlerei. Leipzig 1880.
- Deutsche bautechnische Taschenbibliothek.
Heft 69, 70 u. 73: Der Zimmermeister und Bau-Unternehmer. Von G. ADLER. Leipzig 1881.
Heft 55 u. 56: Die Bautischlerei. Von C. A. ROMSTORFER. 1880—81.
- PROMNITZ, J. Der Holzbau. Leipzig 1881.
- DELABAR, G. Die wichtigsten Holzkonstruktionen mit den Zimmerer-, Schreiner- und Glaferarbeiten. Freiburg i. B. 1883.
- SCHRÖDER, CH. Die Schule des Tischlers etc. Weimar 1885.
- KRETSCHMER, K. Die Holzverbindungen. Wien 1885.
- PRIES, H. Die einfachen Zimmerkonstruktionen. Kiel 1888.
- KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Schreinerbuch etc. Leipzig 1890. — 4. Aufl. 1899.
- KRAUTH, TH. Die Bau- und Kunstzimmerei mit besonderer Berücksichtigung der äußeren Form. Leipzig 1893.
- BISCHOFF, E., KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Der Zimmermann. Eine Sammlung praktischer Vorbilder für allerlei Zimmerwerke und deren Einzelheiten. Ravensburg 1894.
- DIESENER, H. Praktische Unterrichtsbücher für Bautechniker. Bd. 5: Die Baukonstruktionen des Zimmermanns etc. Halle 1892.
- KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Zimmermannsbuch etc. Leipzig 1893. — 3. Aufl. 1899.
- Ferner:
- Journal de menuiserie*. Erscheint seit 1863.
- Deutsche Tischler-Zeitung. Herausg. v. F. A. GÜNTHER. Berlin. Erscheint seit 1874.
- Neue Tischler-Zeitung. Herausg. v. W. GRAMM. Red. v. L. JACOBS. Hamburg. Erscheint seit 1879.
- Zeitschrift der Zimmerkunst. Red. v. W. SCHÖNSTEIN. Leipzig. Erscheint seit 1883.
- Illustrierte Schreiner-Zeitung. Herausg. von F. LUTHMER. Stuttgart. Erscheint seit 1883.

III. Teil, 1. Abteilung:
KONSTRUKTIONSELEMENTE.

3. Abschnitt.
Konstruktionselemente in Eisen.

Von GEORG BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eifenteilen.

Eiserne Konstruktionsteile werden in sehr verschiedener Weise miteinander verbunden. Das Zusammenerschweißen von Eisen und Stahl kommt an dieser Stelle nicht in Frage; hauptsächlich werden es die Verbindungen mittels Niete, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und mittels Splinte sein, deren Betrachtung die Aufgabe des vorliegenden Kapitels ist.

189.
Warme
Nietung

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

Niete dienen zur mechanischen Verbindung von Eifenteilen, wie auch einiger anderer Metalle; doch kommt die Vernietung nirgends in so ausgedehntem Maße in Anwendung, wie beim Eisen. Die Grundsätze der Vernietung sind hier verschieden, je nachdem dieselbe in erster Linie bestimmt ist, Kräfte zu übertragen oder die Fuge der vernieteten Teile so zu schließen, daß Flüssigkeiten oder Gase, selbst unter Druck stehend, nicht durchdringen können. Man unterscheidet daher Kraftnietungen und Nietungen auf Dichtigkeit.

Die Vernietung besteht darin, daß in je zwei einander in jeder Beziehung genau entsprechende, kreisrunde Löcher der beiden zu vernietenden Teile ein den Lochdurchmesser an Stärke nicht ganz erreichender, hellrot- bis weißglühender Bolzen eingesteckt wird, dessen hinteres Ende einen ringförmig vorstehenden Kopf, den sog. Setzkopf, trägt; dieser legt, mit leichtem Hammerschlage angetrieben, die Stellung des Nietbolzens im Loche fest. Am anderen Ende steht der Bolzen so weit aus dem Loche hervor, daß durch Umschmieden mittels Zuschlag- und Gefenkhammer (Schellhammer) ein ähnlicher Kopf, wie der oben erwähnte, der sog. Schließkopf, nachträglich aus dem weißglühenden Bolzen hergestellt werden kann; die Länge des Bolzens muß von vornherein auf die Dicke aller aufeinander zu nietender Teile und auf die richtige Ausbildung des Schließkopfes bemessen sein.

Zu kurze Niete geben unvollkommene Köpfe; bei zu langen vermag der Gefenkhammer das überschüssige Material nicht zu fassen; letzteres quillt feitlich hervor, und die so entstehende unregelmäßige Kopfform verkürzt die verlangte Tragfähigkeit nicht, wenn das Antreiben recht scharf erfolgt.

Um einem Niete vom Durchmesser d und der schließlichen Schaftlänge a sicher einen guten Schließkopf geben zu können, ist die Schaftlänge des Nietbolzens mit $1,1 a + 1,33 d$ zu wählen.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhammer vor den Flächen der vernieteten Teile vorspringend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrischen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Gestalt eines abgestumpften Kegels, mit der größeren Endfläche in der Außenfläche der zu nietenden Teile, geben und den Bolzen so lang machen, daß er, mit Zuschlaghämmern niedergeschmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf solche Weise entstehen die versenkten Niete (siehe Fig. 412).

Nach Ausbildung des Schließkopfes ist das Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anfauchung beim Ausbilden des Schließkopfes das Loch aus, legt sich auch mit den Ringflächen der Köpfe so eng an die Flächen der genieteten Teile an, daß man selbst mit scharfen Werkzeugen nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da dieser Zustand hergestellt wird, während der Niet noch heiß ist, zieht dieser sich aber bei weiterer Abkühlung noch zusammenzieht, d. h. verkürzt, so werden die zu vernietenden Teile beim Erkalten immer fester aufeinander gepreßt, und es entsteht eine Reibung zwischen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um das Auseinanderziehen der vernieteten Teile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schließkopfes schwere Hammerschläge erforderlich sind, so ist Vernietung bei solchen Baustoffen ausgeschlossen, welche Hammerschläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gußeisen. Die Möglichkeit der Nietung von Eisteilen beschränkt sich also auf Schweisseisen, Flußeisen und Stahl. Ebenso ist selbstverständlich warme Nietung bei allen Metallen ausgeschlossen, welche bei Berührung mit weißglühendem Eisen verbrennen, schmelzen oder sonst zerstört werden.

190.
Kalte
Nietung.

Nicht alle Eisennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmesser unter 10 mm, so werden die dünnen Schäfte durch Weißglühhitze zu stark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung solcher Masse stellt man die Niete aus weichem Eisen her und schmiedet den Schließkopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen sind wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

191.
Nietloch.

Die Nietlöcher sollen der Regel nach genau kreisrund und völlig cylindrisch fein; auch sollen die zusammengehörenden Löcher in den zu verbindenden Teilen ohne Abweichung übereinander liegen. Geringe Ungenauigkeiten in letzterer Beziehung sollen durch Ausreiben mit der Reibahle, nicht durch das so beliebte Auftreiben mittels konischen Stahldornes, beseitigt werden. Das Herstellen der Nietlöcher, das Lochsen, erfolgt mittels Durchstoßmaschinen oder durch Bohren.

Das Ausstoßen oder Punzen der Nietlöcher ist zwar sehr bequem und an Zeit- und Geldverbrauch sparsam, ruft aber anderweitige Mifsstände hervor, welche eine wirklich gute Vernietung sehr erschweren.

Zunächst wird das Metall in der Umgebung des Loches durch die großen Scherspannungen, welche am Lochrande selbst bis zur Zerstörung steigen müssen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigt; schmale Eisteile werden beim Lochsen nach Länge und Breite auseinander gedrückt, so daß der Rand wellenförmig und die richtig hergestellte Nietteilung zu weit wird. Es ist daher ganz unzulässig, schmale schwache Eisen (Bandeisen, Winkeleisen, schwache E-Eisen u. f. w.) unter dem Durchstoße zu lochen; sie müssen die Löcher auf andere Weise erhalten. Das Lochsen mit der Stoßmaschine ist auf starke Eisensorten (große Bleche, Stege starker I-Träger u. f. w.) zu beschränken.

Insbesondere entstehen beim Lochen des Stahles am Rande des Loches Haarrisse, welche das fertige Stück durchaus unzuverlässig machen.

Sodann muß die Matrize etwas zu weit fein, damit der Dorn sich nicht in sie einklemmt; dadurch bekommen die Löcher eine merklich kegelförmige Gestalt (Anzug 1:8), welche nach dem Zusammenlegen der Teile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher schädliche Aenderungen des Schaftdurchmessers ergibt.

Jedenfalls soll die Lochung so erfolgen, daß beim Zusammenlegen der Teile die engen Lochenden zusammentreffen, damit der fertige Schaft eine doppeltkegelförmige Gestalt mit dem kleinsten Durchmesser in der Mitte erhält und so die Köpfe im Zusammenhalten der Teile unterstützt.

Beim Austreten aus dem Loche läßt der ausgestoßene Kern auf der Unterseite am Rande des Loches einen vorpringenden scharfen Grat stehen, während oben der Rand etwas eingedrückt wird; werden diese Unebenheiten, namentlich der Grat am unteren Rande, nicht sorgfältig beseitigt, so sind sie der guten Ausbildung der Nietköpfe und dem dichten Schluß der Fuge hinderlich.

Bei dem schnellen Fortschritte der Lecharbeit ist es schwierig, die schweren Teile stets in die genau richtige Lage zu bringen; häufig kommen daher kleine Fehler in der Lochstellung vor, welche gutes Passen der Löcher und dichten Schluß der Fuge zwischen den zu verbindenden Teilen ausschließen.

Diese Mißstände, welche teils schwer, teils gar nicht zu beseitigen sind, lassen es angezeigt erscheinen, wenigstens bei hohen Ansprüchen an die Güte der Arbeit die zeitraubendere und teurere Art der Herstellung der Löcher durch Bohren vorzuziehen.

Die Löcher werden mit lotrechten Bohrmaschinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefsten Punkte in der Mitte und einer Gesamtbreite gleich dem Lochdurchmesser haben, oder neuerdings häufiger als schraubenförmige Schneidewerkzeuge mit Spitze ausgebildet sind. Es ist leicht, diese Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochteilung zu setzen; sie schneiden dann eine kegelförmige Vertiefung, welche so lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmesser hergestellt ist, ohne daß dabei das umgebende Metall erheblich in Mitleidenschaft gezogen würde. Die oben gerügten Mißstände fallen dabei fort. Zwar erzeugt sich auf der Unterseite auch ein leichter Grat; doch ist dieser geringfügig und leicht zu beseitigen.

Bei Verwendung der älteren, dreieckigen Bohrer wird die Lochwandung durch die Schnitte der beiden äußeren Ecken der Bohrschneide erzeugt, welche die Wandung in flachen Schraubengängen herstellen, so daß dieselbe nicht glatt, sondern gefurcht erscheint, etwa wie die mit dem spitzen Schneidestahl gehobelte Fläche. Der Schneckenbohrer schneidet die Lochwandung dagegen mit scharfer schraubenförmiger Schneide fertig, so daß sie ganz glatt, häufig spiegelnd ausfällt. Da nun recht glatte Wandungen die gute Ausfüllung des Loches durch den Niet fördern, so werden die Schneckenbohrer jetzt ganz allgemein den alten Dreiecksbohrern vorgezogen. Auch zum Ausreiben rauher oder nicht genau passender Löcher eignet sich der Schneckenbohrer vorzüglich.

Ein Mittelweg zwischen Stoßen und Bohren, welcher selbst bei Stahl von vielen für zulässig erklärt wird, besteht darin, daß man das Loch zuerst nur mit etwa $\frac{3}{4}$ des Durchmessers stößt und den verbleibenden ringförmigen Rest dann nachbohrt oder nachreibt.

Der mit dem Setzkopfe versehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an diesem Kopfe den vorgeführten Durchmesser; im Mittel ist er etwa 3 Vomhundert schwächer, als das auszufüllende Loch; im übrigen ist er etwas kegelförmig gestaltet, damit er ohne zu großen Widerstand in das Nietloch getrieben werden kann.

Schaftlängen, welche das 4-fache des Durchmessers übersteigen, stellen die vollkommene Ausfüllung des Loches durch das Stauchen in Frage und sind daher zu vermeiden; sind Bolzen von größerer Länge nicht zu umgehen, so zieht man Schraubenbolzen vor.

Die Nietköpfe erhalten verschiedene Form; Beispiele zeigen Fig. 408 bis 415. Die ursprünglich vorhandenen Setzköpfe haben sehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzustellenden Schließköpfe.

Der unvermittelte Uebergang des breiten Kopfes in den schmalen Schaft beeinträchtigt die Tragfähigkeit des Nietes; es ist daher zweckmäßig, die Kante des

192.
Nietchaft.

193.
Nietkopf.

Loches 1 bis 2 mm tief und breit mit einem zu weiten Dreiecksbohrer zu brechen und dem Setzkopfe von vornherein den entsprechenden, kegelförmigen Uebergang vom Kopfe in den Schaft zu geben.

Am Schlieskopfe bildet sich dieser nach Maßgabe der Gestalt des Loches von selbst.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen

Fig. 411 u. 412;

Fig. 413 ist ein halb verfenkter Niet;

Fig. 415 zeigt zwei Formen verfenkter Niete, die jedoch

an beiden Enden desselben Nietes gleichzeitig

ausgeführt werden.

Befonders gebräuchlich für starke Nietungen ist die Form in Fig. 412, da sie bei schmalem Nietkopfe doch eine große Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaftumfanges giebt, deren Abscherungsfestigkeit dem Bestreben des Nietes, sich beim Erkalten zusammenziehen, widerstehen muß. Da das Zusammenziehen aber zugleich den Schaft abzureißen strebt, so wird ein gut geformter Niet in der cylindrischen Abscherungsfläche dieselbe Sicherheit haben müssen, wie im Schaftquerchnitte.

Wird die zulässige Scherspannung im vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zugspannung im Schaft gesetzt und ist h (Fig. 409) die Höhe des abzufcherenden Cylinders, so muß stattfinden

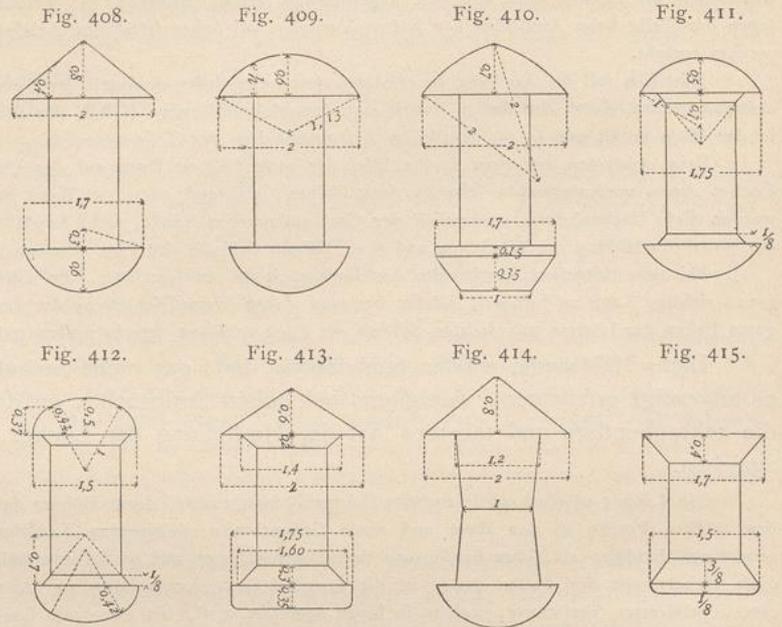
$$h d \pi \frac{2}{3} s' = \frac{d^2 \pi}{4} s'$$

woraus als kleinster Wert

$$h = 0,375 d$$

folgt. Im festeren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer sein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Verfenkungen mit berücksichtigt, sämtlich größere Kopfhöhen; offenbar sind aber dreieckige Köpfe ungünstiger, als runde. Die Korbbogenform in Fig. 412 ist gegenüber der Halbkugel über derselben Grundfläche vorzuziehen, weil letztere viel unnützes Metall in die Kuppe des Kopfes bringt.

Die Beanspruchung des Schaftes infolge der Verhinderung des Zusammenziehens beim Erkalten hängt vom Wärmeunterschiede zwischen Niet und Umgebung in dem Augenblicke ab, wo der Kopf weit genug ausgebildet ist, um die Bewegung des Nietes zu verhindern. Die Spannung im Schaft entspricht übrigens nicht der ganzen angestrebten Zusammenziehung; vielmehr drücken sich die genieteten Teile unter dem Drucke des Kopfes in sich zusammen, und die Fugen zwischen den Blechen werden geschlossen. Der Niet wird sich also bei der Abkühlung um so mehr wirklich verkürzen, je mehr schwache Bleche er faßt; seine Spannung wird hoch, wenn er nur wenige starke, dem Schluffe der Fuge großen Widerstand entgegensetzende Bleche verbindet.



194.
Beanspruchung
des
Nietchaftes.

Der Niet wird bis auf 1100 bis 1200 Grad C. erwärmt; doch ist anzunehmen, daß er bis zum Augenblicke des ersten festen Anliegens des Schließkopfes, des Greifens des Nietes, auf etwa 900 Grad C. abgekühlt ist.

Bezeichnen α die Längenausdehnung der Längeneinheit durch 1 Grad C. Wärmezunahme und l die Länge des Schaftes, E die Elastizitätsziffer des Nietstoffes und σ die Längsspannung im Niete, so würde σ für einen in völlig starre, kalte Masse gezogenen Niet folgen aus $\sigma : E = \alpha l \cdot 900 : l$, woraus $\sigma = \frac{900 \alpha l E}{l}$, und da für Stahl und Eisen $\alpha = 0,0000123$, $E = 2000000$ kg auf 1 qcm zu setzen sind, $\sigma = 900 \cdot 0,0000123 \cdot 2000000 = 22140$ kg für 1 qcm, so daß ein solcher Niet beim Abkühlen notwendig durchreißen müßte.

Nun ist aber der umgebende Körper weder kalt noch starr. Er erwärmt sich durch den Niet auf etwa 400 Grad C., so daß für die Spannung des Nietes nur $900 - 400 = 500$ Grad C. in Frage kommen.

Durch die Spannung σ im Bolzen, welche eine Spannkraft von $\sigma \frac{d^2 \pi}{4}$ liefert, wird ein ringförmiger Körper unter den Kopfrändern vom Querschnitte $\frac{1,25^2 d^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = 1,25 \frac{d^2 \pi}{4}$ zusammengedrückt; die Spannung darin ist also $\sigma \frac{d^2 \pi}{4} : 1,25 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\sigma}{1,25}$, und für die Zusammendrückung Δ auf die Länge l gilt infolgedessen die Beziehung $\Delta : l = \frac{4/5 \sigma}{E}$, woraus $\Delta = 4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ folgt.

Jede der n Fugen zwischen den aufeinander zu nietenden Teilen drücke sich um δ Centim. zusammen; von der ganzen Längung des Schaftes um $500 \cdot 0,0000123 l$ gehen also die Strecken $4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ und $n \delta$ ab, und die die Spannung erzeugende Reckung ist demnach

$$500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta.$$

Die Spannung im Bolzen folgt daher aus

$$\sigma : E = \left[500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta \right]:$$

und aus dieser Gleichung ergibt sich, wenn für E der Wert eingesetzt wird,

$$l = \frac{n \delta}{0,00615 - 0,0000008 \sigma},$$

wonach man bestimmen kann, wie lang ein Niet werden darf, wenn eine bestimmte Längsspannung nicht überschritten werden soll. Geht man mit der Spannung σ für weichen Stahl bis an die Elastizitätsgrenze von $\sigma = 1800$ kg für 1 qcm und setzt man das Maß δ der Zusammendrückung jeder Fuge gleich $0,03$ cm, so folgt

$$l = 6,6 n.$$

Demnach dürfen die Niete bei Vernietung von zwei Platten (also $n = 1$) höchstens 6,6 cm, in drei Platten (für $n = 2$) 13,2 cm u. s. w. lang sein. Der guten Stauchung wegen wird demgegenüber für Handnietung die Grenze $l = 4d$ eingehalten; bei Maschinennietung sind auch längere Niete zulässig.

Lange Niete werden weniger gespannt, wenn man sie nur in demjenigen Teile der Schaftlänge glühend macht, der zur Bildung des Schließkopfes genügt. Dieses Verfahren ist aber zu verwerfen, weil das Nietloch dabei nie gut ausgefüllt werden kann. Sind sehr lange Bolzen erforderlich, so verwende man Schraubenbolzen. Ein gutes Mittel zur Verminderung der Nietspannung ist das Vorwärmen der Umgebung des Loches durch Einschlagen heißer Dorne.

Die Ausfüllung des Nietloches ist sowohl bei Dichtigkeits-, wie Kraftnietungen wichtig: bei ersteren, um keine offenen Fugen zu bieten; bei letzteren, um Verschiebungen der Teile gegeneinander zu vermeiden. Hier treten aber ähnliche Verhältnisse auf, wie für die Schaftlänge. Das Loch kann sich wegen des Widerstandes des Bleches bei der Erwärmung nicht frei ausweiten, während der heiße Schaft genau den Durchmesser des Loches annimmt; der warme Niet muß sich mehr zusammenziehen, als sich das Loch im kälteren Bleche verengt; folglich muß eine geringe Fugenöffnung entstehen, welche nach gemachten Versuchen in manchen Fällen allerdings unnachweisbar gering ist, in anderen aber bei guter

195.
Ausfüllung
des
Nietloches.

Ausführung bis zu 2 Vomhundert⁸⁶⁾, bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Vomhundert⁸⁷⁾ steigt.

In Fällen, wo man der Ausfüllung unbedingt sicher sein muß, hat man daher die Löcher leicht kegelförmig ausgerieben, die Nietchäfte nach demselben Kegel abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schlieskopf schlechter ausfällt, ist wegen der fehlenden Längsspannung im Schaft ungefährlich.

196.
Ausführen
der
Nietung.

Handnietung und Maschinennietung verteilen sich heute so, dafs erstere für kleinere Arbeiten und in kleineren Werkstätten die Regel bildet, wo die teure Anlage der Nietpressen nicht beschafft werden kann.

Eine Nietrotte für Handnietung besteht ausser dem Schmiedejungen, der die Niete heifs macht und herwirft, mindestens aus drei Mann, dem Vorarbeiter 1, dem Zuschläger 2 und dem Gegenhalter 3. 3 setzt zuerst den kalten Stahldorn in das gut passend gearbeitete Loch, und 1 und 2 treiben ihn mit leichten Hämmern (3 kg) durch, um die Lochwandung zu glätten, jedoch nur, wenn die Lochwandung rauh ist. Die Ränder nicht genau passender Löcher auf diese Weise gewaltfam wegzustauchen, ist durchaus unzulässig; sie sollen mit der Ahle weggerieben oder mit dem Schneckenbohrer weggebohrt werden. Passende Löcher mit schlechter Wandung werden überhaupt nicht nachgedornt. 3 steckt nun den heissen Niet ein und setzt den Gegenhalter — Brechstange mit Höhlung für den Setzkopf, Fufschraube oder Hebel — auf, und 1 und 2 stauchen hierauf mit leichten Hämmern den Kopf an, bis er zu fassen anfängt. Nun setzt 1 den Schellhammer mit der Höhlung für den Schlieskopf auf, und 2 schlägt nach Anweisung von 1 mit dem schweren Zuschläger (8 kg) so lange auf den Schellhammer, bis der Kopf allseitig voll ausgebildet ist, so dafs die Kanten des Schellhammers noch leicht in das zu nietende Blech einschneiden. Die Bildung des Schlieskopfes soll erfolgt sein, solange noch dunkle Rotglut erkennbar ist, da sonst der gute Schluß in Frage gestellt wird und die Köpfe beim Erkalten von den Rändern her einreißen. Bei gröfseren Nietungen besteht die Rotte neben dem Nietjungen gewöhnlich aus 4 Mann, indem für die dauernde Arbeit dem Vorarbeiter 1 zwei Zuschläger 2 zugewiesen werden.

Auf die Maschinennietung hier näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

Die Leistung ist bei Handnietung durch eine Rotte

unter günstigen Verhältnissen	600 Niete	von 2 ^{cm} Durchmesser	in 10 Stunden,
» mittleren »	450 »	» 2 »	» 10 »
» ungünstigen »	200 »	» 2 »	» 10 »

Bei Maschinennietung leistet eine gut bewegliche Nietpresse auf der Baustelle unter günstigen Verhältnissen in 10 Stunden bis 800 Niete von 2,5^{cm} Durchmesser bei einem Drucke von 7000 bis 8000 kg, für sehr schwere Niete bis 15000 kg auf 1^{cm} Nietquerschnitt.

Die Möglichkeit der Handnietung hört mit mäfsig langen Nieten von 2,5^{cm} Durchmesser auf, während bei Maschinennietung alles thatsächlich Vorkommende ohne Schwierigkeit geleistet werden kann.

Die Kosten der Nietung betragen für 100 Stück an Arbeitslohn bei:

	13 bis 16 ^{mm} Durchm.	20 bis 23 ^{mm} Durchm.	24 bis 29 ^{mm} Durchm.
Maschinennietung . . .	1,25 Mark	1,5 Mark	1,7 Mark
Handnietung	3,5 »	4,0 bis 4,5 »	5,0 bis 6,0 »

197.
Fertige Niete.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe fest aufsitzen, ist daran zu erkennen, dafs ein elastisch geführter Hammer bei leichtem Schlage auf den Nietkopf zurückschnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und springt der Hammer nicht ab, so ist der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete sollen durch Absprennen eines Kopfes mittels Hammers und Stahlmeißels beseitigt und durch neue ersetzt werden.

⁸⁶⁾ Siehe: *Railroad gaz.* 1884, S. 662.

⁸⁷⁾ Siehe: *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882, S. 308.

Verbrauch und Gewicht der Niete werden nach den Tabellen für Rundeisen ermittelt, indem man der Schaftlänge zwischen den Köpfen die Länge von zwei Schaftdurchmessern für jeden Kopf hinzurechnet.

2) Anordnung der Vernietungen.

Bei der Anordnung und Berechnung von Nietungen kommen die folgenden wesentlichen Punkte in Betracht:

198.
Gesichtspunkte.

- α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;
- β) die Festigkeit der vernieteten Teile an der durch die Nietlöcher geschwächten Stelle;
- γ) die Festigkeit der vernieteten Teile zwischen den letzten Nieten und dem Blechrande;
- δ) die Reibung zwischen den verbundenen Teilen;
- ε) die Festigkeit des Nietbolzens;
- ζ) der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches: der Lochlaibungsdruck, und
- η) die verbiegende Wirkung auf den Bolzen.

α) Die Stärke des Nietbolzens hängt in erster Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, so können sie die Bleche nicht genügend aufeinander pressen; sind sie zu stark, so üben sie infolge ihrer Längsspannung zerstörende Drücke auf die Bleche aus. Ist d der Nietdurchmesser, δ die Stärke eines Bleches, so soll $\frac{d}{\delta}$ zwischen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen⁸⁸⁾. Nach *Winkler* soll der Durchmesser für Träger von l Met. Länge

199.
Stärke
des
Nietbolzens.

$$d = (2 + 0,005 l) \text{ Centim.}$$

betragen.

Die für Baukonstruktionen verwendeten Nietforten beschränken sich gegenwärtig auf Durchmesser von 0,7, 1,0, 1,2, 1,5, 1,6, 1,9, 2,0, 2,3 und 2,5 cm.

Die Länge der Nietbolzen bestimmt sich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Teile; jedoch sind die Vernietungen nach dem früher Gefagten so anzuordnen, daß die Schaftlänge das 4-fache des Durchmessers nicht überschreitet. Ist eine grössere Länge nicht zu umgehen, so müssen die in Art. 192 u. 194 (S. 143 u. 144) erwähnten Vorsichtsmafsregeln getroffen werden.

200.
Länge des
Nietbolzens.

β) Die Festigkeit des durch die Nietlöcher geschwächten Querschnittes der verbundenen Teile muß schon bei der Festsetzung der Abmessungen der letzteren im Auge behalten werden; denn würden sie genau den wirkamen Kräften entsprechend bemessen, so würde die Schwächung durch Nietlöcher Ueberanstrengungen hervorrufen. Streng genommen muß der Querschnitt eines Konstruktionssteiles um so viele Nietlochquerschnitte zu groß gemacht werden, wie in den Verbindungs- oder Anschlußstellen Niete in einen Querschnitt nebeneinander zu stehen kommen.

201.
Festigkeit
der
vernieteten
Teile.

Bei große Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird sich der Regel nach aus diesem Gefetze eine ganz unverhältnismäßige Verstärkung ergeben, wenn man versucht, die erforderlichen Niete sämtlich nebeneinander zu setzen, eine Anordnung, welche die gleichmäßige Beanspruchung aller Niete zunächst zweck-

⁸⁸⁾ Vergl. auch die nähere Besprechung unter η (Art. 206 u. 232).

mäßig erscheinen läßt. Man giebt daher letzteren Vorteil meistens auf — in vielen Fällen, beispielsweise in schmalen Bandeisen-, Winkelleisenschenkeln, ist diese Stellung auch unmöglich — und stellt die Niete in n_1 Reihen hintereinander, so daß für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querschnitt in Abzug kommen. Theoretische Erwägungen über die Spannungen in den zu verbindenden Teilen zwischen den Nietreihen haben die Ansicht entstehen lassen, daß man überhaupt nicht mehr als zwei Nietreihen hintereinander setzen dürfe; jedoch ist zu betonen, daß bislang durch die Anordnung von mehr als zwei Nietreihen hintereinander erkennbare Uebelstände nie hervorgerufen sind.

Thatächlich geht man in der Verstärkung noch weiter herunter. Bei gedrückten Teilen nimmt man gewöhnlich an, daß die Schäfte die Löcher vollkommen ausfüllen, somit durch die Niete ebenfогut Druck übertragen wird, wie durch den vollen Querschnitt selbst, und giebt daher gedrückten Teilen meist gar keine Verstärkung. Dies ist um so mehr zulässig, weil gedrückte Teile gewöhnlich erhebliche Querschnittsvergrößerungen zur Versteifung gegen Zerknicken erhalten, welche in den Anschlüssen oder in Stößen in der Nähe der Enden, wo diese Gefahr beseitigt oder vermindert ist, die Schwächung durch Nietlöcher ausgleichen.

In gezogenen Konstruktionsteilen von Bandform giebt man der theoretischen Breite auf Grund der nachfolgend nachgewiesenen Nietstellung nur einen Zuschlag von einem Durchmesser. Man setzt bei n zu übertragenden Nietkräften in die erste Reihe nur einen Niet, der eine Nietkraft überträgt, so daß hinter dem Niete noch $n - 1$ Nietkräfte wirken; diesen steht aber eine $n + 1$ Nietkräften entsprechende thatächliche Bandbreite gegenüber, so daß nun 2 Niete in eine Reihe gesetzt werden können. Nunmehr verbleiben noch $n - 3$ Nietleistungen zu übertragen; demnach können in das $n + 1$ Nietleistungen entsprechende Band nun in der dritten Reihe 4 Niete gesetzt werden u. f. w.

Diese Stellung 1, 2, 4, 8 u. f. w. muß nach vorn und hinten symmetrisch ausgebildet werden, wenn Band an Band geschlossen werden soll; wird aber ein Band an einen viel stärkeren Konstruktions teil, z. B. an ein Knotenblech, angegeschlossen, der beliebige Schwächung verträgt, so braucht die Nietstellung nur nach der Seite des Bandes hin auf einen Niet spitz auszulaufen.

Wenn diese Nietanordnung auch nicht einwandfrei ist, so ist sie doch im ganzen von den vorgeschlagenen die zweckmäßigste und meist verwendete.

Die hiernach für Bandeisenvernietung aufzustellenden Regeln lauten: die Niete sollen gleichmäßig zu beiden Seiten der Bandachse angeordnet sein und in Reihen winkelrecht zu dieser stehen, deren erste und unter den oben bezeichneten Verhältnissen auch letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichst eine um je zwei erhöhte Nietzahl bekommen.

Bei der Verbindung breiter, gezogener Bleche kann man derartige Stellungen nicht verwenden; man ordnet hier so viele gleiche Nietreihen hintereinander an, daß das Metall zwischen den Nietlöchern der ersten Reihe nicht über bestimmte Grenzen hinaus in Anspruch genommen wird. In der ersten Reihe soll das Metall zwischen den Nietlöchern denselben Sicherheitsgrad besitzen, wie die Niete einer Reihe.

In allen diesen Fällen setzt man die Niete der einen Reihe meist hinter die Mitten der Nietabstände (Teilungen) der anderen; doch wird neuerdings nach Ver-

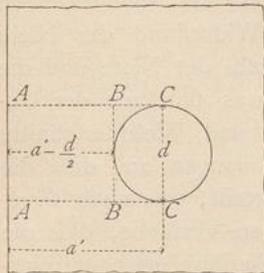
fuchsergebnissen auch befürwortet, die Niete der verschiedenen Reihen gerade hintereinander zu setzen.

Beim Anschlusse oder beim Stosse zusammengesetzter Querschnitte haben die einzelnen Teile, z. B. Winkeleisen, kleine **E**-Eisen, **T**-Eisen u. f. w., in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete nebeneinander aufnehmen zu können; die jedem Teile zukommenden Niete müssen daher alle hintereinander gesetzt werden, und man hat jeden solchen Querschnittsteil um ein Nietloch zu stark auszubilden.

Der Abstand der Mitte des äußersten Nietes einer Querreihe vom Seiten- (oder unbelasteten) Rande des Bleches soll nicht kleiner als $1,5 d$ sein, da sonst der dünne, ausserhalb des Loches stehen bleibende Metallstreifen beim Herstellen des Loches zu leicht zerstört wird.

Hier mag darauf hingewiesen werden, dass die vielfachen angedeuteten Unklarheiten bezüglich der Verteilung der Spannkkräfte auf grössere Nietzahlen und die etwa unvollständig erscheinende Verstärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einfluss auf die Güte der Verbindung durch den Umstand zum Teile verlieren, dass bei den Berechnungen von Nietungen die später zu erörternde Reibung der verbundenen Teile aufeinander und an den Ringflächen der Nietköpfe fast stets vernachlässigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgibt.

Fig. 416.



Teiles der Verbindung. Diese Rücksicht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufstellung bilden. Die Streifen *BC* dieser Fugen werden dabei meist nicht in Rechnung gestellt, weil das zwischen ihnen und dem Loche befindliche Blech bei der Herstellung des Loches in der Regel gelitten hat.

Fig. 417.

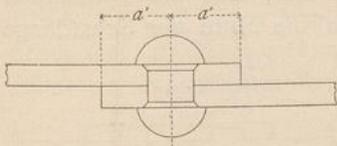


Fig. 418.

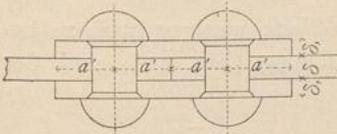
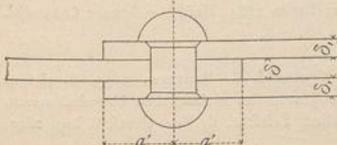


Fig. 419.



γ) Die Festigkeit des Stoffes zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Rande der Bleche ist thatfächlich von einer Beanspruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schlusse eines Bolzenauges. Die sehr verwickelte rechnerische Stärkenbestimmung auf dieser Grundlage führt aber zu unsicheren Ergebnissen. Man bemisst die Randbreite gewöhnlich so, dass das Abscheren in den in Fig. 416 punktierten Ebenen mit ebenso grosser Sicherheit vermieden wird, wie das Zerstören eines anderen

202.
Festigkeit
am
hinteren Rande
der Bleche.

δ) Die Reibung zwischen den Blechen untereinander und an den Kopfflächen entsteht nach der Herstellungsweise des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe infolge der Verkürzung des Nietchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ⁸⁹⁾ dieses Druckes, entsprechend der Reibungsziffer für nicht geglättete Eisenflächen. Sie ist um so grösser, je mehr Reibungsflächen vorhanden sind, deren jedoch für einen geschlossenen Teil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

203.
Reibung
zwischen den
Blechen.

Nach den Ergebnissen angestellter Versuche sind dabei die Platten in Fig. 417 (einschnittige Nietung) und die äusseren in Fig. 418 u. 419 (zweischnittige Nietung) in derselben Lage, wie die inneren in Fig. 418 u. 419, da die Reibung zwischen Blech und Nietkopf ebenso gross ist, wie zwischen zwei Blechen. Nur

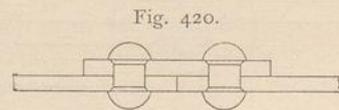
⁸⁹⁾ In: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird dieser Coefficient zu 0,4 angegeben.

bei sehr langen Nietten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im allgemeinen hat also jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diese beiden Flächen zusammen ergeben nun die Versuche von *Clark, Harcourt, Lavalley* und *Schichau*⁹⁰⁾ eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg für 1 qcm des Schaftquerschnittes, und man kann daraus bei einer Reibungsziffer von 0,4 auf eine Längsspannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 1500 \text{ kg}$ schließen. Dafs der Schaft bis zur Elastizitätsgrenze gereckt wird, wurde bereits in Art. 194 (S. 144) angenommen. Da diese Reibung sich jedoch bei gleich sorgfältiger Herstellung aller Probeniete außerordentlich (bis zu 100 Vomhundert) schwankend zeigte, so pflegt man bei Baukonstruktionen auf dieselbe nicht zu rechnen (wohl aber bei gewissen Konstruktionsstellen von Maschinen), sie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzusehen.

204.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist insofern von unmittelbarem Einflusse auf diejenige der Verbindung, als nach Ueberwindung, bzw. Vernachlässigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgefchert sein mufs, bevor die Trennung der Verbindung erfolgen kann. Je nachdem das Abscheren eines (Fig. 417), zweier (Fig. 418 u. 419) oder mehrerer Nietquerschnitte Vorbedingung der Zerstörung ist, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrschnittig. Mehr als zweifchnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Teilen besteht, welche sich alle auf denselben Bolzen hängen. Nach angestellten Versuchen⁹¹⁾ ist der Widerstand der Niete gegen dieses Abscheren um so geringer, je gröfser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzufcherenden Querschnitte jedes Nietes ist, was sich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftverteilung auf alle Niete und Nietquerschnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dafs die Scherspannung sich gleichförmig über den Nietquerschnitt verteilt, was nach *Grashof*⁹²⁾ thatsächlich undenkbar ist, so ergeben die verschiedenen Versuche, dafs die Scherfestigkeit für einschnittige Niete zwischen 60 und 70 Vomhundert, für zweifchnittige zwischen 55 und 65 Vomhundert der Zugfestigkeit des Nietstoffes liegt, nach anderen bis 80 Vomhundert steigt. Keinesfalls soll man daher die Niete mit mehr gleichförmig verteilt gedachter Scherspannung belasten, als mit $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugbeanspruchung des Nietstoffes, da die Niete aus besonders gutem Stoffe bestehen, der Regel nach also nicht höher als mit 1000 kg für 1 qcm⁹³⁾.

Die Vernietungen sollen thunlichst so angeordnet sein, dafs die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Teile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einseitige Anschlufs, die sog. Ueberlappung (Fig. 417), und die einseitige Laschung (Fig. 420) genügen dieser Bedingung nicht, sollen also nach Möglichkeit vermieden werden. Sie sind nicht in allen Fällen zu umgehen; es ist dann gut, die Niete weniger hoch zu belasten⁹⁴⁾. Gute Anordnungen sind die doppelte Verlaschung (Fig. 418) und der doppelte Anschlufs (Fig. 419).



⁹⁰⁾ Siehe ebendaf., S. 201 — ferner: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: GLASER'S Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹¹⁾ Siehe: Mitteilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: GLASER'S Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹²⁾ Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

⁹³⁾ Für Preussen sind die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen (siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 485 u. 1897, S. 313) in dieser Beziehung maßgebend, die übrigens mit denjenigen anderer Länder im wesentlichen übereinstimmen.

⁹⁴⁾ Die genaue rechnerische Behandlung solcher Verbindungen ist zu finden in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

Sehr lange Niete erleiden starke Biegung; man soll darauf achten, daß die in größerer Zahl anschließenden Teile der verbundenen Glieder so zu einander gestellt

Fig. 421.

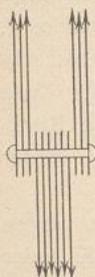
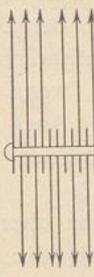


Fig. 422.



werden, daß thunlichst je zwei aufeinander liegende Teile von entgegengesetzt gerichteten Kräften beansprucht sind, da das ungünstigste Biegemoment für den Bolzen so seinen kleinsten Wert erreicht. Fig. 421 zeigt eine schlechtere, Fig. 422 eine bessere Anordnung, auf welche wir unter c (bei den Bolzenverbindungen) ausführlich zurückkommen. Uebrigens ist es notwendig, bei langen Bolzen die Biegungsspannungen, welche die schon vorhandenen erheblichen Längsspannungen des Schaftes vergrößern, in Betracht zu ziehen, da sie unter Umständen die größte Gefahr bilden. Bei kurzen, dicken Nieten haben sie wenig Einfluss.

ζ) Der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, der Lochlaibungsdruck, eine namentlich früher häufig übersehene Gefahrquelle, kann eine Verbindung lockern oder zerstören, welche in allen früher erwähnten Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, daß das Blech hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und seitlich ausquillt, oder dadurch, daß kleine Bewegungen der auf dem Bolzen hängenden Teile diesen allmählich anschleifen. Die Druckverteilung zwischen Bolzen und Lochwandung ist eine solche, daß sie von ihrem größten Werte im Scheitel des Bolzenquerschnittes im Sinne der Kraft- richtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer rechtwinkligen Durchmessers abnimmt. Auch statt dieser ungleichförmigen Druckverteilung wird, wie bei der Scherbeanspruchung, in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmesser verteilte Spannung eingeführt, welche nach angestellten Versuchen das Maß von $s'' = 1600$ bis 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmesser d nicht überschreiten darf⁹³⁾, wenn nicht Verdrückungen des Bleches hinter dem Niete entstehen sollen. Diese auf den Durchmesser verteilt gedachte, tatsächlich in der angenommenen Weise nicht wirkende Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungspressung, und sie ist namentlich bei geringer Blechstärke für die Anordnung der meisten Kraftnietungen maßgebend. Soll übrigens der Niet gegen Abfcheren und gegen Eindringen in das schwächste der verbundenen Bleche gleich sicher sein, so muß entsprechend den oben festgesetzten Spannungswerten für einschneittige Nietung etwa stattfinden

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600,$$

oder

$$d = 2,04 \delta,$$

was wieder zu der unter a (Art. 199, S. 147) angegebenen Regel führt.

Ist die Nietung jedoch zweifachschneittig, so müßte stattfinden: $2 \frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600$ oder rund $\delta = d$. Da δ aber fast stets kleiner als d ist, so wird man in diesem Falle die Nietzahl im allgemeinen nach dem Lochlaibungsdrucke zu bestimmen haben und die Scherfestigkeit der Niete somit nicht ausnutzen können.

Hieraus folgt für die weiteren Untersuchungen, daß ein einschneittiger Niet auf Abfcheren berechnet werden muß, wenn $d < 2 \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > 2 \delta$ ist; bei zweifachschneittiger Nietung ist der Niet auf Abfcheren zu berechnen, wenn $d < \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > \delta$ ist.

205.
Lochlaibungs-
druck.

206.
Biegung
der Bolzen.

7) Die Biegung des Nietbolzens durch die entgegengesetzte Richtung der Kräfte in verschiedenen durch den Bolzen verbundenen Teilen bildet, wie schon in Art. 204 (S. 150) hervorgehoben wurde, in vielen Fällen die für die Bolzenbemessung maßgebende Gefahr. Die Biegungsbeanspruchung wächst im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates des Durchmessers d und im geraden Verhältnisse der Blechdicke δ . In den meisten Fällen sind Lochlaibungsdruck und Biegung gefährlicher, als Abschierung, so daß der Bolzen dann am besten ausgenutzt wird, wenn er für diese beiden Arten der Beanspruchung gleich sicher ausgebildet wird. Auch diese Rücksicht führt, wie unter c (bei den Bolzenverbindungen) gezeigt werden soll, wieder zu dem in Art. 199 u. 205 festgesetzten Verhältnisse $d : \delta = \infty 2$.

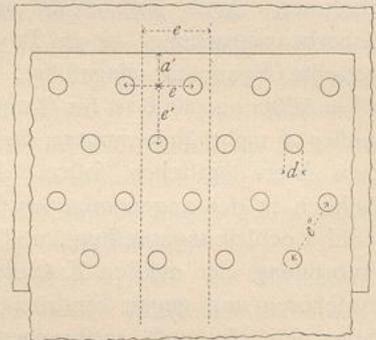
Hier verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß eine über das wegen des Laibungsdruckes erforderliche Maß hinausgesteigerte Dicke der Teile oder Lafchen nicht als Verstärkung der Verbindung aufzufassen ist, da sie die Bolzenlänge und damit die Beanspruchung auf Biegung erhöht.

3) Berechnung der Vernietungen.

207.
Bezeichnungen.

Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben sich für die verschiedenen, in Art. 199 bis 206 (S. 147 bis 152) besprochenen, in Rücksicht zu ziehenden Verhältnisse, wie folgt, wenn die zulässige Zugbeanspruchung der genieteten Teile s' , die zulässige Scherspannung derselben t' , diejenige des Nietstoffes t , der zulässige Lochlaibungsdruck s'' , die Nietzahl n , die belastende Kraft P , die Anzahl der Nietreihen n' , der Abstand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Nietteilung) e , derjenige der Reihen voneinander (Reihenteilung) e' , der Abstand der äußersten Nietmitten vom Seitenrande a , vom Hinterrande des Bleches a' , der Abstand eines Nietes vom nächsten der hinterliegenden Reihe e'' , die Blechstärke δ und der Nietdurchmesser d (Fig. 423) genannt werden.

Fig. 423.



208.
Durchmesser
und Zahl
der Nieten.

a) Nietdurchmesser und Nietzahl. Für den Durchmesser des Nietbolzens ist für gewöhnlich

$$d = 2 \delta; \dots \dots \dots 112.$$

für starke Bleche ist in der Regel d nicht größer als 2,5 cm.

Die Zahl der Niete ist so zu bestimmen, daß die Abschierungsfestigkeit aller Niete gleich P ist. Ist aber $d > 2 \delta$ für einschnittige Nietungen und $d > \delta$ für zweischnittige, welches letztere Verhältnis in fast allen Fällen eintritt, so wird der Lochlaibungsdruck s'' zu groß (vergl. den Schluß von Art. 205, S. 151); die Nietzahl muß alsdann nach letzterem bestimmt werden.

Es wird

$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einschnittige Niete, } d \geq 2 \delta; \dots \dots \dots 113.$$

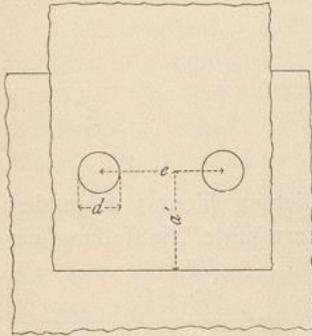
$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweischnittige Niete, } d \geq \delta; \dots \dots \dots 114.$$

$$n = \frac{P}{d \delta s''} \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Niete, wenn } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Niete, wenn } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 115.$$

β) Festigkeit des Bleches zwischen den Löchern einer einreihigen Nietung (Fig. 424). Diese ist maßgebend für die Teilung e . Die Tragfähigkeit des Bleches zwischen zwei Nietlöchern beträgt $s' \delta \left(e - 2 \frac{d}{2} \right)$, die des Nietes $\frac{d^2 \pi}{4} t$

209.
Festigkeit
in einer
Nietreihe.

Fig. 424.



für einschnittige, $\frac{d^2 \pi}{2} t$ für zweischnittige Nietung und

$d \delta s''$, wenn die Nietzahl mit Rücksicht auf Lochlaibungsdruck berechnet werden mußte. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweischnittiger Nietung ist in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 418 u. 419) für den einfachen und den doppelten Teil die gleiche, wenn das zweischnittig genietete Blech doppelt so stark ist, wie das einschnittig genietete, also unter der Bedingung, daß $\delta = 2 \delta_1$.

Die Gleichungen für e lauten also:

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 116.$$

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{2} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 117.$$

$$\delta (e - d) s' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 118.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 119.$$

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 120.$$

$$e = d \left(1 + \frac{s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 121.$$

In diesen Gleichungen kann meist, wegen der besonderen Güte des Nietstoffes, $t = s'$ und für die meisten Fälle $s'' = 1,5$ bis $2,0 s'$ gesetzt werden.

Wäre z. B. in Fig. 419, wo offenbar die Außenteile einschnittig, der Innenteil zweischnittig genietet sind, unter Einführung von $s' = t$, $s'' = 1,5 s'$ und $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, so ergäbe sich, wenn man zwischen den Blechstärken mittelnd $d = 1,5 \delta$ machte, $d = 3 \delta_1$; alsdann wäre für die äußeren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe sich für die äußeren Bleche, da $d > 2 \delta_1$, nach Gleichung 121: $e = 2,5 d = 2,5 \cdot 3 \delta_1 = 7,5 \delta_1 = 3,75 \delta$ und für das innere, zweischnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2,5 \cdot 1,5 \delta = 3,75 \delta$.

Wäre dagegen, was meist der Fall ist, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0,7 \delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, so würde für den einschnittig genieteten Außenteil nach Gleichung 119

$$e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right), \text{ oder } e = 5,14 \delta_1 = \text{rund } 3,6 \delta$$

und für den zweischnittig genieteten Innenteil nach Gleichung 121

$$e = 2,5 \cdot 1,4 \delta = 3,5 \delta$$

sich ergeben; das größere beider Maße muß ausgeführt werden.

Wie schon oben angedeutet, müssen die Gleichungen 119 u. 120 für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn also in die Gleichung 119: $\frac{\delta}{2}$ statt δ eingeführt wird, beide daselbe ergeben; denn die Hälfte des Mittelteiles ist dann gleich mit einem Aufsenteile.

Es liegt in der Natur der Sache, dafs in der Nietung die Festigkeit des vollen Bleches unmöglich gewahrt bleiben kann; der Grad der Festigkeit der Vernietung wird gemessen durch $f = \frac{e-d}{e}$, also im zweiten der obigen Beispiele für die Aufsenteile durch

$$f = \frac{5,14 \delta_1 - 2 \delta_1}{5,14 \delta_1} = 0,61$$

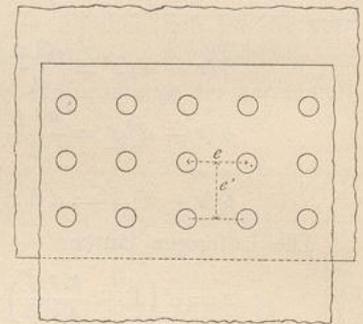
und für den Innenteil durch

$$f = \frac{3,6 \delta - 1,4 \delta}{3,6 \delta} = 0,61.$$

Zum Zwecke der Vermeidung der bei einreihiger Nietung hieraus folgenden, übermäfsigen Verbreiterung der Teile ist die schon oben erwähnte Nietstellung eingeführt, welche die Nieten in mehrere Reihen, und zwar in die erste und letzte je einen Niet und in die nach der Mitte zu folgenden Reihen thunlichst je zwei Nieten mehr, setzt, und bei der man den Stab dann nur um d gegen den theoretischen Querschnitt verbreitert.

Wird der Wert f bei einreihiger Nietung zu klein, oder ist es überhaupt unmöglich, n Nieten in der Breite b unterzubringen, so geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 423 u. 425). Alsdann werden n' Nieten in die Teilungsbreite geschlagen; folglich sind die Gleichungen für e :

Fig. 425.



$$\delta s' (e - d) = n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 122.$$

$$\delta s' (e - d) = 2 n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 123.$$

$$\delta s' (e - d) = n' d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 124.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 125.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 126.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 127.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung und für die oben angegebenen Spannungsverhältnisse $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1,5 \delta = 3 \delta_1$, also für die Aufsenteile nach Gleichung 127: $e = 3 \delta_1 (1 + 3 \cdot 1,5) = 16 \delta_1 = 8,25 \delta$ und für den Innenteil nach Gleichung 119: $e = 1,5 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 8,25 \delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0,7 \delta$ und $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, also für die Seitenteile nach Gleichung 125: $e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{3 \pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 11,42 \delta_1 = 11,42 \cdot 0,7 \delta = \text{rund } 8 \delta$ und für den Mittelteil nach Gleichung 127: $e = 1,4 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 7,7 \delta = 11 \delta_1$.

Der Sicherheitsgrad $f = \frac{e-d}{e}$ ist im zweiten Beispiele für die Aufsenteile $\frac{11,42 \delta_1 - 2 \delta_1}{11,42 \delta_1} = 0,825$, für den Innenteil $\frac{8 \delta - 1,4 \delta}{8 \delta} = 0,867$.

Der höchste zulässige Wert für e in aufeinander liegenden, nicht sehr steifen Teilen ist $e = 8d$ bis $10d$, da bei weiterer Stellung der Niete namentlich schwache Bleche zwischen den Nieten voneinander klaffen und so dem Roste eine sehr gefährliche Angriffsstelle bieten. Mit der Blechstärke und allgemein mit der Steifigkeit der Teile nimmt diese Grenze für e ab.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muß statisch $0,5 e$ betragen. Ist dieser Wert aber kleiner als $1,5 d$, so macht man $a = 1,5 d$, da man zur Herstellung des Loches aufsen eines Blechstreifens etwa von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als obere Grenze für a den Wert $2,5 d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

γ) Die Festigkeit des Bleches zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muß das Ausfchern des Nietes nach Fig. 416 verhindern. Der zulässige Widerstand des Bleches ist $2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abfchern im Bleche und Abfchern des Nietes einerseits, Lochlaibungsdruck andererseits bedingt werden, lauten:

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad . \quad . \quad 128.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = 2 \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad . \quad . \quad 129.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta, \end{array} \right\} . \quad . \quad 130.$$

oder:

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad . \quad . \quad 131.$$

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad . \quad . \quad 132.$$

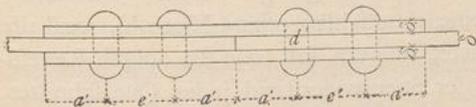
$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} . \quad . \quad 133.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1,0$ gesetzt werden.

Im zweiten der obigen Beispiele wird für die Aufsenteile (siehe Fig. 419) nach Gleichung 131 $a' = 2 \delta_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 2,96 \delta_1$; ferner wird für den Innenteil nach Gleichung 133

$a' = 1,4 \delta \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} 1,0 \right) = 2,03 \delta = 2,03 \frac{\delta_1}{0,7} = 2,9 \delta_1$. Unter Umständen kann a' in verschiedenen Teilen einer Verbindung sehr verschiedene Werte annehmen.

Fig. 426.



find (Fig. 425 u. 426); für solche muß offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ sein, und die entsprechenden Gleichungen lauten daher:

210.
Festigkeit
am hinteren
Blechrande.

Dieser Randabstand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen für den Reihenabstand e' (Fig. 425) in Frage, wenn die Niete in den Reihen nicht versetzt

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 134.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 135.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 136.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen veretzt, wie in Fig. 423, so fällt diese Rücksicht weg; man macht dann meist $e'' = e$, also $e' = 0,866 e$. Das mit Bezug auf die Herstellung der Löcher einzuhaltende geringste Maß von e' ist $2,5 d$, welches Maß dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werte ergeben.

211.
Reibung
zwischen den
Blechen.

δ) Die Reibung der Bleche aufeinander, welche nach dem in Art. 203 (S. 149) Gefagten auch bei einschnittigen Nietungen (Fig. 417 u. 420) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter dieser Bedingung bei sorgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerschnittes beträgt, kommt nur bei solchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollständiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Teile (Hängestangen für Decken, Gefänge etc.) werden so berechnet, daß die Reibung in dem Augenblicke überwunden wird, in welchem im Bleche die Elastizitätsgrenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

$$n = P \frac{1}{300 d^2 \pi}, \dots 137.$$

und für die Teilung

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1200 = (e - d) \delta s_e,$$

oder

$$e = d \left(1 + \frac{300 \pi d}{s_e \delta} \right), \dots 138.$$

also für $\delta = \frac{d}{2}$ und s_e (für gewöhnliches Schmiedeeisen) = 1500 kg auf 1 qcm

$$e = 2,25 d. \dots 139.$$

Für diese Nietungen muß die Teilung im allgemeinen etwas enger sein, als wenn die Scherfestigkeit der Niete in Betracht gezogen wird.

Unter Benutzung der Formel 138 kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietstellungen in Reihen, deren Nietzahl 1 in der ersten und letzten um je 2 in jeder Reihe nach der Mitte, bzw. dem Ende zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietverteilung zur Erzielung gleichmäßiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig sein muß.

212.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist in den obigen Formeln bereits dadurch genügend berücksichtigt, daß seine Scherfestigkeit, oder der zulässige Umfangsdruck der Abmessung der Nietteilung zu Grunde gelegt wurde. Vorteilhaft für die Festigkeit des einzelnen Bolzens ist eine thunlichst geringe Nietzahl, weshalb man bei Kraftnietungen den Durchmesser so weit steigern soll, wie die obigen Regeln erlauben. In zweifchnittigen Nietungen wird der Scherwiderstand jedes Querschnittes bei guter Ausführung nur mit 90 Vomhundert desjenigen der einschnittigen Nietung angegeben, weil es nicht möglich ist, beide Querschnitte ganz gleich zu beanspruchen.

ζ) Der Druck zwischen Bolzenumfang und Lochlaibung, dessen Steigerung über ein bestimmtes Maß (höchstens 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechstärke und Bolzendurchmesser) unzulässig ist, wurde durch obige Formelaufstellung für alle Abmessungen berücksichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältnis $\frac{d}{\delta}$ groß ist.

213.
Druck
am Bolzen-
umfang.

4) Nietverbindungen.

α) Der einseitige Anschluss. Fig. 417, 427 u. 428 zeigen diese Verbindung für zwei schmale Stäbe unter der Last P . Es entsteht ein Drehmoment $P\delta$, welches bei schlotternden Nieten (Fig. 427) durch Verdrehen dieser und einseitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \cdot 1,5 d$ erzeugt, das so lange wächst, bis beide sich

214.
Einseitiger
Anschluss.

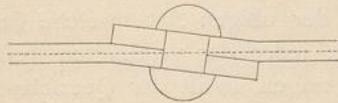
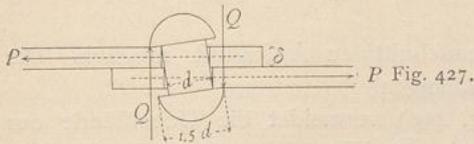


Fig. 428.

aufheben. Hiernach ist $Q = \frac{P\delta}{1,5 d}$, und der Niefschaft wird im Kopfanfätze vom Moment $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot 1,5 d = \frac{P\delta}{2}$ gebogen und von der Kraft $\frac{P\delta}{1,5 d}$ gezogen. Die Biegungsspannung σ_1 folgt aus $\frac{P\delta}{2} = \frac{\sigma_1 d^3 \pi}{32}$ mit $\sigma_1 = \frac{16 P\delta}{\pi d^3}$, und die Zugspannung σ_2 aus $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1}{d^2 \pi} = \frac{8 P\delta}{3 \pi d^3}$. Im Niet entsteht also eine Zuschlag-

spannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56 P\delta}{3 \pi d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ist $\sigma = \frac{28 P}{3 \pi d^2}$. Der Niet ist auf $P = \frac{d^2 \pi}{4} t$ berechnet; fonach wird

$$\sigma = \frac{28}{3 \pi d^2} \frac{d^2 \pi}{4} t = \frac{7}{3} t.$$

Die Schubspannung t ist der Regel nach zu $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugspannung s' anzusetzen; demnach ergibt sich $\sigma = \frac{7}{3} \cdot \frac{4}{5} s' = \frac{28}{15} s'$ oder beinahe $= 2 s'$.

Ein schlotternder Niet wird nun zwar eben wegen dieses Zustandes keine wesentliche Längsspannung aus der Erkaltung besitzen; immerhin ist aber die oben nachgewiesene Beanspruchung eine sehr gefährliche.

Schlottern die Niete nicht, füllen sie vielmehr das Loch ganz aus, oder ist infolge der oben nachgewiesenen Spannungen ein Nietkopf verbogen oder abgeprengt, so wirkt nun das Moment $\sigma \delta$, allmählich abnehmend, bieugend auf die Bleche ein, bis die beiden P in eine Gerade fallen. Als Breite des Stabes kann das Teilungsmaß e einer breiteren Nietung eingeführt werden. Die Biegungsspannung im Bleche σ ergibt sich aus $\frac{\sigma e \delta^2}{6} = P\delta$ zu $\sigma = \frac{6 P}{e \delta}$. Wegen der notwendigen Festigkeit des Stabes ist in der Nietung

$$P = \delta (e - d) s', \text{ also } \sigma = \frac{6 \delta (e - d) s'}{e \delta} \text{ oder } \sigma = 6 s' - 6 s' \frac{d}{e}.$$

Nun ist nach Gleichung 119, wenn $t = s'$ gesetzt wird, $e = d \left(1 + \frac{\pi d}{4 \delta}\right)$, somit

$$\sigma = 6 s' \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}} \right).$$

Wird fönach der Mittelwert $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, fo ergibt sich

$$\sigma = 3,66 s'.$$

Durch die Biegung allein wird demnach die zulässige Beanspruchung s' im Stabe weit überschritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 427 u. 428 wirklich auftritt⁹⁵⁾, sondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Teile hervorruft, so muß doch die in Rede stehende Verbindung zur Uebertragung großer Kräfte als bedenklich bezeichnet und soll auf diejenigen Fälle beschränkt werden, in denen sie wegen niedriger Beanspruchung der Teile unbedenklich ist.

Auch mehrreihige Nietung ist beim einschnittigen Anschlusse möglich. Die Anordnung ergibt sich aus den obigen Gleichungen.

275.
Zweiseitiger
Anschluß.

β) Der zweiseitige Anschluß (Fig. 419) vermeidet die Uebelstände des einseitigen; denn wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchschneidet, so entstehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche sich gegenfeitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Teile dieselbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, so ist der Querschnitt beider Teile theoretisch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Teile des doppelten Gliedes für die Ausführung meist zu gering, und man macht daher (Fig. 416) die Stärkesumme des doppelten Teiles $2\delta_1$ etwas größer, als die Stärke δ . Die Nietung kann einreihig und mehrreihig sein. Wenn jedoch die Abmessungen für die einschnittig angeschlossenen Teile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweiseitig angeschlossenen Mittelteil, so muß man, da verschiedene Anordnungen in den verschiedenen Teilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich sind, diejenigen Maße für alle Teile durchführen, welche für den einen Teil genügen, dem anderen zu große Stärke geben.

Von den obigen Formeln sind für die Aufsenteile die für einschnittige, für die Innenteile die für zweiseitige Nietungen aufgestellten maßgebend. Die Wiederholung dieser Verbindung giebt schließlich die symmetrische Vereinigung vielteiliger Glieder nach Fig. 419, bei welcher auch die Aufsenglieder als einschnittig, die Innenglieder als zweiseitig angeschlossen zu betrachten sind. Haben die vereinigten Teile ungleiche Kräfte zu übertragen, so muß die Vernietung nach den die größten Kräfte enthaltenden bemessen werden, was für die schwächeren dann leicht recht ungünstige Verhältnisse bedingt.

Da jedoch die einzelnen Bolzen in solchen vielteiligen Verbindungen sehr lang werden, so ist in derartigen Fällen in der Regel die Verwendung von Schraubenbolzen vorzuziehen, deren Stärkenbemessung für solche Fälle unter c besprochen wird.

276.
Einseitige
Verlascung.

γ) Die einseitige Verlaschung (Fig. 420) ist nur eine zweifache Aneinanderreihung des einseitigen Anschlusses und hat daher dieselben Nachteile, kann übrigens in derselben Weise berechnet werden wie dieser. Diese Art der Verbindung ist gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu beschränken.

⁹⁵⁾ Dafs diese Untersuchungen nicht streng richtig und zu ungünstig sind, wurde mehrfach nachgewiesen. Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

δ) Die doppelte Verlaschung (Fig. 418) ist wieder frei von den gerügten Mängeln, da sie zur Mittellinie symmetrisch ist. Auch sie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 423) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretisch müßte die Stärke der Laschen zusammen gleich derjenigen des Bleches sein; in der Regel wird aber δ_1 etwas größer als $\frac{\delta}{2}$ gemacht.

217.
Doppelte
Verlaschung.

Beispiel. Ein Flacheisenband von der Dicke $\delta = 1,5$ cm soll mit doppelten Laschen von der Dicke $\delta_1 = 1,0$ cm und Nieten vom Durchmesser $d = 2,0$ cm an ein $1,5$ cm starkes Knotenblech angegeschlossen werden; die Belastung beträgt 21000 kg. Die Spannungswerte seien angenommen mit $s' = 700$ kg für 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1,5$, $\frac{s'''}{t'} = 1,9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{1,9}{1,5} = \text{rund } \frac{5}{4}$.

218.
Beispiel.

Die theoretische Stabbreite beträgt $b = \frac{21000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Laschen ergibt sich nach

$$\text{Gleichung 113: } n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21000}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 4,8, \text{ für das Blech nach Gleichung 115: } n = \frac{21000}{2 \cdot 1,5 \cdot 1100} = 6,4.$$

Demnach müssen 7 Niete gesetzt werden. Tatsächlich betragen die Scherspannung im Niete nur $\frac{21000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 2} = 478$ kg und der Lochlaibungsdruck $\frac{21000}{7 \cdot 2 \cdot 1,5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältniszahlen eingeführt, so wird die Verbindung in allen Teilen auf ermäßigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit konstruiert. 7 Niete in eine Reihe zu setzen ist nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu groß würde; deshalb wird zweireihige Vernietung ($n' = 2$) angenommen.

In den Laschen ist dann nach Gleichung 125: $e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 3,14}{4} \cdot 1 \cdot \frac{2}{1} \right) = 8,28$ cm, im Bleche nach Gleichung 127: $e = 2 (1 + 2 \cdot 1,5) = 8$ cm; daher wird $e = 8,3$ cm sein müssen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8,3 = 33,2$ cm.

Der hintere Randabstand a' der Laschen wird nach Gleichung 131: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 2,96$ cm und derjenige im Bleche nach Gleichung 125: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 1,9 \right) = 2,9$ cm; der Randabstand wird also überall mit dem Mindestmaße $1,5$ $d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabstand wird in den Laschen nach Gleichung 134: $e' = 2 \left(1 + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 3,96$ cm, im Bleche nach Gleichung 136: $e' = 2 (1 + 2 \cdot 1,9) = 3,9$ cm. Beide sind kleiner als $2,5$ d ; hier wird also das Mindestmaß $e' = 2,5$ $d = 2,5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Demnach ergeben sich die Verhältnisse, wie sie Fig. 429 darstellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung ist nach der Formel $f = \frac{e - d}{e} = \frac{8,3 - 2}{8,3} = 0,76$, gegenüber der theoretischen Stabbreite von 30 cm jedoch $\frac{33,2 - 4 \cdot 2}{30} = 0,84$.

Nach der Nietordnung mit wachsender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach der Folge 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu setzen haben. Die Stabbreite wird dabei $30 + d = 32$ cm gewählt, und wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem größten Randabstande von 5 cm $= 2,5$ d ergäbe sich eine Teilung von $\frac{32 - 10}{2} = 11$ cm, also größer, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben bestimmten Maßen ergeben sich die beiden Nietungen in Fig. 430 u. 431, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

Die Reihe der gewöhnlichen Nietverbindungen ist hiermit abgeschlossen; es bleibt nur noch etwas über die Verbindungen nicht ebener Teile hinzuzufügen.

Verbindungen für Blechrohre werden meist mit einseitiger Verlaschung oder einseitigem Anschlusse, genau nach den obigen Regeln, sowohl in der Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berücksichtigung der etwa in beiden verschiedenen Kraftwirkungen hergestellt. Doch ist vor dieser Art der Stofsausbildung zu warnen, wenn erhebliche Kräfte wirken, wie in Kesselwandungen, in der Wand großer cylindrischer

219.
Verbindung
von
Rohren.

Fig. 429.

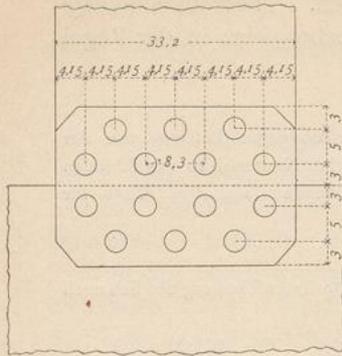


Fig. 430.

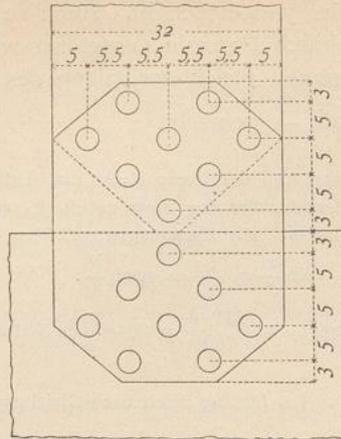
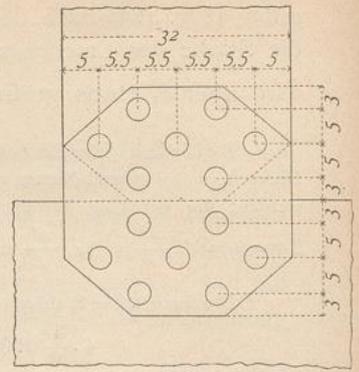


Fig. 431.



Wasserbehälter u. f. w. In solchen Fällen sollte man ausschließlich doppelte Verlafchung verwenden.

220.
Verbindung
von
Formeisen.

Formeisen können fast durchweg nur dadurch verbunden werden, daß man jeden einzelnen Teil mittels gefonderter Blechstreifen einseitig oder zweiseitig verlafcht, wobei dann die Verlafchung zweckmäfsig für jeden Teil gefondert berechnet wird. Die Teile folcher Querschnittsformen sind jedoch meist fo schmal, daß nicht mehrere Niete nebeneinander in ihnen Platz finden; man ist dann gezwungen, alle für einen Teil erforderlichen Niete in eine Linie hintereinander zu fetzen.

Am häufigften kommen Winkeleifenverbindungen vor, welche nach Fig. 432 bis 435 auf vier verschiedene Weifen ausgeführt werden können.

Von diesen ist die Verbindung in Fig. 432 die stärkste, aber wegen der hohen Kosten der besonders zu walzenden Formlafche nur höchst fetten. Die nächstbete ist die in Fig. 434, da die Lafchen sich auf die ebenen Winkeleifenflächen legen, stärker sind als das Winkeleifen und einen kurzen Abstand b (Wurzelmafs) der Niete von der Winkeleifen-Aufsenecke gestatten. Alsdann folgt zunächst die Verbindung in Fig. 433,

welche die angeführten Vorteile wenigstens für einen Schenkel wahrt und dann an die Stelle der Anordnung in Fig. 434 treten muß, wenn der zweite Schenkel an einem anderen Konstruktionsteile anliegt; das Wurzelmafs b muß hier in dem außen verlafchten Schenkel wegen der Innenlafche des anderen Schenkels in ungünstiger Weise vergrößert werden, was in beiden Schenkeln geschieht, weil man einerseits verschiedene Wurzelmafse in den Schenkeln zu vermeiden fucht, andererseits ein kurzes Wurzelmafs in dem innen verlafchten Schenkel höchst ungünstige Nietstellung in der Innenlafche hervorriefe. Am wenigsten gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkeleifen an zwei anderen Teilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), ist die Verbindung in Fig. 435, da von allen für Fig. 434 angeführten Vorteilen hier das Gegenteil eintritt. Die Lafchen müssen hier dicker gemacht werden, als die Schenkel, also $\delta_1 > \delta$. Was die Nietstellung anlangt, fo fetzt man die Niete des einen Schenkels auf die Mitten oder Viertel der Teilung des anderen, weil einander gegenüber stehende Niete oft gar nicht Platz haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und schlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem Schenkel das Winkeleifen um fo unfymmetrischer macht und die Kraftübertragung um fo weiter vom

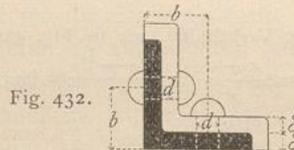


Fig. 432.

Fig. 433.

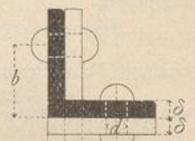
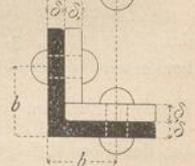


Fig. 434.

Fig. 435.



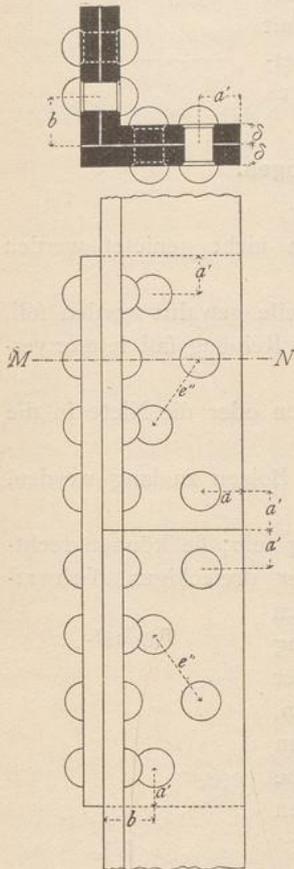
Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Aufsenrande fitzt, fo foll das Wurzelmafs fo klein wie möglich gewählt werden, und zwar ift zu machen:

$b = 1 + \delta + 0,75 d$, wenn keine Lafche im Winkeleifen liegt (Fig. 434) 140.

$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0,75 d$, wenn eine oder zwei Innenlafchen da find (Fig. 432, 433 u. 435) . . . 141.

Soll z. B. ein Winkeleifen von $10 \times 10 \times 1,4$ cm nach Fig. 434 mit 2,5 cm Nietdurchmesser verlafcht werden, fo ift das zugehörige Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 =$ rund 4,3 cm. Soll aber die Verlafchung nach Fig. 435 mit 1,6 cm starken Lafchen erfolgen, fo wird das Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 1,6 + 0,75 \cdot 2,5 = 5,9$ cm.

Fig. 436.
Schnitt M N.



Handelt es sich nun aber um fehr breite Winkeleifen (Fig. 433), fo rücken die Niete nach diefer Bemeffung des Wurzelmafes fo nahe nach der Ecke, dafs die Lafchen aufsen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgeschriebene Wurzelmafs und fetzt den nächften um $1,5 d$ vom Aufsenrande. Dabei ftellt man, wenn nicht befondere Rückfichten eine bestimmte Teilung vorfchreiben, zwei benachbarte in die fchräg gemeffene Entfernung $e'' = 3 d$ (Fig. 436, Grundrifs); alsdann muß ein äußerer Niet des einen einem innären des anderen Schenkels gegenüberftehen, da fonft die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 436, Schnitt M N).

Soll auf diefe Weife ein Winkeleifen von $13 \times 13 \times 1,4$ cm mit Nieten von 2,5 cm Durchmesser verlafcht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg auf 1 cm belaftet ift, fo ift die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1,4 - 2,5)}{2} \cdot 1,4 \cdot 800 = 12376$ kg. Nach Gleichung 113 ift für einen Schenkel

$$n = \frac{12376 \cdot 4}{2,5^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 3,7, \text{ also } n = 4.$$

Das Wurzelmafs b wird $1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 = 4,3$ cm, der Randabftand $a' = 1,5 \cdot 2,5 = 3,8$ cm, der Abftand $e'' = 3 d = 7,5$ cm und der hintere Randabftand a' nach Gleichung 131

$$a' = 2,4 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2,5}{1,4} \right) = 3,5 \text{ cm.}$$

Diefes Wurzelmafs, welches fich für eine Verbindungsftelle ergibt, bleibt, um die Teilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkeleifen maßgebend. Ift keine Verbindungsftelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkeleifen an ein Blech genietet, fo beftimmt fich das Wurzelmafs ftets nach Gleichung 140. Die zweireihige Nietenung (Fig. 436) beginnt bei Winkeleifen zweckmäßig erst von 12 cm Schenkelbreite an.

Die obigen Regeln können auch auf die Herftellung von Eckverbindungen zweier Bleche mittels Winkeleifen übertragen werden (fiche Kap. 3, unter a).

Auch die Vernietung anderer Formeifen erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen find; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eifen auf jedem Flanfch einfeitig, den Steg zweifseitig verlafchen. Solche Verbindungen anderer Formeifen als Winkeleifen find jedoch höchft felten.

Eine befondere Art von Vernietung ift noch zu erwähnen, nämlich die Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar aufeinander liegenden Teilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichft nicht herangezogen werden foll. Die Niefschäfte werden fehr lang und haben fonach, wenn fie Kräfte übertragen follten, höchft ungünstige Biegungsfpannungen zu erleiden. Um den vorgeschriebenen Abftand der Teile, welcher beim Stauchen des ohne weiteres eingefetzten Nietes durch völliges Zerquetfchen des Schaftes zwifchen den Teilen verloren gehen würde, zu wahren, fetzt man zunächft einen Ring mit dem

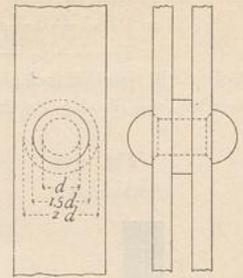
221.
Verbindung
mit
Stehnieten.

äußeren Durchmesser $2d$ und dem inneren Durchmesser d oder ein gelochtes Blechstück so zwischen die Teile, daß die drei Löcher sich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

Die zu diesem Zwecke verwendeten Blechabfälle werden auf dem Durchstoße gelocht, sollen aber keine zu unregelmäßige Außenform haben, von allen Graten befreit und thunlichst durch Pressen völlig eben hergerichtet sein.

Fig. 437 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da das Abklaffen der Teile voneinander zwischen den Niete mit Rückficht auf Rostbildung hier unschädlich ist, kann die Nietteilung e hier so weit gesteigert werden, wie die Kräfte es erlauben.

Fig. 437.



b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

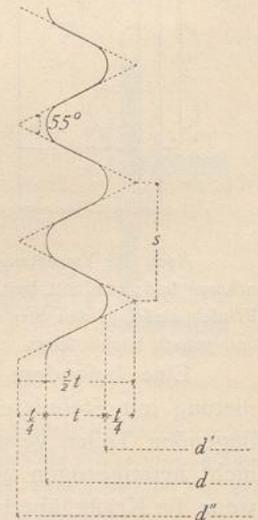
222.
Anwendung
und Ver-
scheidenheit.

Schraubenverbindungen kommen in Eifenteilen da vor,

- 1) wo die zu verbindenden Teile des Stoffes wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Gußeisenteilen;
- 2) wo eine gewisse Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Teile gewahrt werden soll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung fast immer verloren geht;
- 3) wo der Raum zu beengt ist, um Nietköpfe ausbilden oder die Niete in die Löcher einstecken zu können, und
- 4) wo wegen Vereinigung vieler Konstruktionsteile die Bolzen zu lang werden, um noch als Niete ausgebildet werden zu können.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgängig sein; sie können rechteckigen Gangquerschnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckigen (scharfgängige Schrauben) haben. Die eingängigen scharfgängigen Schrauben ergeben unter gleicher Last die größte Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsschrauben, die hier den Bewegungsschrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichst große Reibung erwünscht ist, so wird hier von ersteren allein die Rede sein. Auch ist bei gleicher Ganghöhe die Scherfläche zwischen Gang und Spindel bei der scharfen Schraube doppelt so groß, wie bei der flachen.

Fig. 438.



223.
Gangprofil
und Durch-
messer der
Schrauben.

Außer den beiden genannten kommen noch die Trapezschraube und die Schraube mit rundem Gangquerschnitte vor.

Das Gangprofil der scharfen Schraube zeigt Fig. 438; d' ist der innere Durchmesser, d der äußere Gewindedurchmesser, d'' der äußere Bolzendurchmesser, s die Ganghöhe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m festgelegt, welche bestimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 438 aus- und abgerundet, nur bei sehr weichem Stoffe, z. B. Messing, Bronze, mehr. Gemäß dem Abrundungsmaße

und dem Spitzenwinkel von 55 Grad wird $\frac{3}{2}t = s \frac{1}{\text{tg } 27^{\circ} 30'}$, also

$t = 0,64 s, \dots \dots \dots 142.$

wofür man meist $t = 2 \frac{s}{3}$ setzt. Daraus folgt $d' = d - 2t = d - 2 \cdot 0,64 s$; demnach

$$d' = d - 1,28 s \dots \dots \dots 143.$$

Nach Obigem ist nun $s = \frac{d}{m}$, also $d' = d - \frac{1,28 d}{m}$, fonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1,28}{m} \dots \dots \dots 144.$$

d' bestimmt sich nach der Last, und dann sind d und s der nachstehenden *Witworth'schen* Schraubenskala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmessers allgemein festlegt, damit sie beliebig vertauscht werden können.

Witworth's Skala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen- durch- messer d''	Außerer Gewinde- durchmesser d	Anzahl der Gewinde- gänge m auf		Innerer Durch- messer d'	Schlüssel- weite der Mutter D	Belastung		
			1 Zoll engl.	die Länge d			ohne Torsion	mit Torsion	
1	0,8	$\frac{1}{4}$	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	$\frac{5}{16}$	0,79	18	$5\frac{5}{8}$	0,61	1,6	79	48
3	1,1	$\frac{3}{8}$	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	$\frac{7}{16}$	1,11	14	$6\frac{1}{8}$	0,88	2,1	218	131
5	1,4	$\frac{1}{2}$	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	$\frac{5}{8}$	1,59	11	$6\frac{7}{8}$	1,29	2,7	560	336
7	2,0	$\frac{3}{4}$	1,90	10	$7\frac{1}{2}$	1,58	3,2	897	538
8	2,3	$\frac{7}{8}$	2,22	9	$7\frac{7}{8}$	1,86	3,6	1 299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1 755	1 053
10	3,0	$1\frac{1}{8}$	2,86	7	$7\frac{7}{8}$	2,39	4,5	2 260	1 356
11	3,3	$1\frac{1}{4}$	3,18	7	$8\frac{3}{4}$	2,72	5,0	2 993	1 796
12	3,6	$1\frac{3}{8}$	3,49	6	$8\frac{1}{4}$	2,95	5,4	3 564	2 138
13	3,9	$1\frac{1}{2}$	3,81	6	9	3,27	5,8	4 441	2 665
14	4,3	$1\frac{5}{8}$	4,13	5	$8\frac{1}{8}$	3,48	6,3	5 070	3 042
15	4,6	$1\frac{3}{4}$	4,45	5	$8\frac{3}{4}$	3,80	6,7	6 107	3 664
16	4,9	$1\frac{7}{8}$	4,76	$4\frac{1}{2}$	$8\frac{7}{16}$	4,00	7,2	6 949	4 169
17	5,2	2	5,08	$4\frac{1}{2}$	9	4,36	7,6	8 155	4 893
18	5,8	$2\frac{1}{4}$	5,72	4	9	4,91	8,5	10 454	6 272
19	6,5	$2\frac{1}{2}$	6,35	4	10	5,54	9,4	13 438	8 063
20	7,1	$2\frac{3}{4}$	6,99	$3\frac{1}{2}$	$9\frac{5}{8}$	6,06	10,3	16 182	9 709
21	7,7	3	7,62	$3\frac{1}{2}$	$10\frac{1}{2}$	6,69	11,2	19 849	11 909
22	8,4	$3\frac{1}{4}$	8,26	$3\frac{1}{4}$	$10\frac{9}{16}$	7,26	12,1	23 488	14 093
23	9,0	$3\frac{1}{2}$	8,89	$3\frac{1}{4}$	$11\frac{3}{8}$	7,89	13,0	27 867	16 720
24	9,6	$3\frac{3}{4}$	9,53	3	$11\frac{1}{4}$	8,44	13,8	31 996	19 198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37 076	22 245
	Centim.	engl. Zoll.	Centim.			Centimeter.		Kilogr.	

Durch verschiedene Abrundungen der englischen Abmessungen sind in diese Schraubenmaße solche Abweichungen hineingekommen, daß Schrauben und Muttern verschiedener Herkunft durchaus nicht immer passen. Der Verein Deutscher Ingenieure hat daher die folgende auf metrischem Maße beruhende Reihe aufgestellt, die sich mehr und mehr verbreitet⁹⁶⁾.

⁹⁶⁾ Durch Vereinbarung des Vereins Deutscher Ingenieure, der *Société d'encouragement pour l'industrie nationale* in Paris und des Vereines Schweizerischer Maschinen-Industrieller auf einer Versammlung am 20. Oktober 1900 ist in Zürich das metrische Gewinde bereits zu einem internationalen geworden. In der »Schweizerischen Bauzeitung« 1900, Oktober, S. 165 ist über diese Versammlung berichtet; zugleich werden dort die Formeln mitgeteilt, auf denen die Maßzusammenstellung auf S. 164 beruht.

Außerer Gewindedurchmesser	Kern-durchmesser	Ganghöhe	Gangtiefe	Schlüsselweite	Außerer Gewindedurchmesser	Kern-durchmesser	Ganghöhe	Gangtiefe	Schlüsselweite
d	d'	h	t	D	d	d'	h	t	D
6	4,5	1,0	0,75	12	20	16,4	2,4	1,8	34
7	5,35	1,1	0,825	14	22	17,8	2,5	2,1	37
8	6,2	1,2	0,9	16	24	19,8	2,8	2,1	40
9	7,05	1,3	0,975	18	26	21,2	3,2	2,4	43
10	7,9	1,4	1,05	20	28	23,2	3,2	2,4	46
12	9,6	1,6	1,20	22	30	24,6	3,6	2,7	49
14	11,3	1,8	1,35	25	32	26,6	3,6	2,7	52
16	13,0	2,0	1,50	28	36	30,0	4,0	3,0	58
18	14,7	2,2	1,65	31	40	33,4	4,4	3,3	64

Millimeter.

Millimeter.

Um die umstehende *Witworth'sche* Tabelle nicht immer benutzen zu müssen, sind für d und s zwei Beziehungsgleichungen aufgestellt, welche lauten:

$$s = 0,07 \text{ cm} + 0,095 d \text{ für } d \geq 6 \text{ cm}, \dots \dots \dots 145.$$

$$s = 0,262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6 \text{ cm}, \dots \dots \dots 146.$$

Aus Gleichung 142, 143 u. 144 (S. 162 u. 163) kann nun eine unmittelbare Beziehung zwischen d'' , d und d' abgeleitet werden, und zwar ergibt sich für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 142, 143 u. 144

$$d = (1,139 d' + 0,103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1,173 d' + 0,128) \text{ Centim.} \quad 147.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ist bei der zulässigen Beanspruchung s' für 1 qcm gleich $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$; ferner ergibt sich der der Last P entsprechende innere Durchmesser

$$\text{aus } d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}, \text{ oder, da man wegen des Anschneidens der Gewinde den}$$

$$\text{äußeren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig ansehen kann, } d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}.$$

Die zulässige Beanspruchung s' wird wegen der beim Andrehen der Mutter entstehenden Verwindung (Torsion⁹⁷) in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefetzt; die Gleichung für d' lautet demnach:

$$d' = 0,2 + 0,0046 \sqrt{P}, \dots \dots \dots 148.$$

und für die erforderliche Anzahl n , wenn mehrere Schrauben von gegebenem, innerem Durchmesser d' vorhanden sind,

$$n = \frac{P}{471 (d' - 0,2)^2} \dots \dots \dots 149.$$

Den nach Gleichung 147 u. 148 aus der Last ermittelten äußeren Durchmesser d'' kann man nicht ohne weiteres beibehalten; vielmehr ist der nächstgrößere der obigen Skalen einzuführen.

Wenn P nicht als Zug auftritt, sondern als Scherkraft, so ergibt sich, da die Scherfelle fast stets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äußere Durchmesser unmittelbar aus $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für einseitige und aus $2 \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für zwei-

⁹⁷) Ueber genaue Berücksichtigung der Verwindungsspannungen vergl.: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

schnittige Abscherung. Auch bei den Schraubenbolzen muß der Lochlaibungsdruck für kleine Durchmesser im Auge behalten werden, gemäß der Gleichung $P = d'' \delta s''$ (vergl. Art. 205, S. 151), und es ergeben sich hier ähnlich, wie bei den Nietten, für d die Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 a'' &= 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abscherung, } d'' \geq 2 \delta; & \dots & \dots & 150. \\
 d'' &= \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abscherung, } d'' \geq \delta; & \dots & \dots & 151. \\
 d'' &= \frac{P}{s'' \delta} \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Abscherung, } d'' > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Abscherung, } d'' > \delta. \end{array} \right\} & \dots & \dots & 152.
 \end{aligned}$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinsam übertragen, so ist nach Annahme des Durchmessers d'' die Bolzenzahl n nach Gleichung 113 bis 115 zu ermitteln.

Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern sich von selbst lösen, also auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

Auf Verwindung muß Rücksicht genommen werden, wenn das Anspannen der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Lasten nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. In diesem Falle darf die zulässige Zugspannung nur auf $\frac{3}{5} s'$ getrieben werden; der innere Gewindedurchmesser folgt somit für diesen Fall aus $d' = 0,2 + 0,039 \sqrt{P}$. Hiernach ist die letzte Spalte der Skala auf S. 163 berechnet.

Die Schraubenmutter wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratisch geformt; jedoch läßt sich die runde Mutter schwer andrehen; die quadratische enthält viel Metall. Am besten ist die sechseckige Mutter, da sie wenig überflüssiges Metall enthält und doch das Aufsetzen eines Schlüssels erlaubt; sie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das feithche Ansetzen des Schlüssels von neuem zu gestatten.

224.
Schrauben-
mutter.

Um beim Andrehen im Auflager der Mutter keine zu große Berührungsfläche zu erhalten, wird erstere unten nach einer Kugel abgerundet, meist auch oben, um eine Gegenmutter nachzuschrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; sie sitzt also nur mit einer schmalen Ringfläche auf. Neuerdings hat man erkannt, daß die ebene Gestaltung der Mutter an der Unterfläche eben durch die erzielte Größe der Reibungsfläche ein wirksames Mittel gegen das selbstthätige Losdrehen der Mutter bildet. Man vergrößert diese Berührungsfläche sogar noch, indem man die Mutter unten durch einen ringartigen Ansatz verstärkt und nur den oberen Teil zum Aufsetzen des Schlüssels eckig gestaltet. Solche Muttern heißen Bundmuttern.

Die Schlüsselweite D wird aus den angeführten Schraubenkalen oder aus der Formel $D = (0,5 + 1,4 d)$ Centim. bestimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmesser des umschriebenen Kreises ist dann $D' = (0,6 + 1,62 d)$ Centim.

Die Höhe h der Mutter muß so bemessen werden, daß der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausfcheren kann, d. h. mindestens muß $t d' \pi h = \frac{s' d'^2 \pi}{4}$, also $h = \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ sein. Nimmt man Rücksicht darauf, daß das Metall bei scharfgängigen Schrauben etwa auf $\frac{1}{6}$ der abzufcherenden Fläche

durch das Schneiden der Gewinde verletzt ist, so würde $h = \frac{6}{5} \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d'$ gesetzt werden müssen, und nimmt man im Mittel $d' = \frac{8}{10} d$ und $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ an, so ergibt sich $h = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10}{6 \cdot 5 \cdot 8} d = \frac{3}{10} d$. Muttern dieser geringsten Höhe nutzen sich stark ab; man steigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis $h = d$, und für solche Schrauben, die oft gelöst und wieder angedreht werden müssen, bis $h = D$. Hat der Bolzen keinen Zug, sondern nur Abscherung zu übertragen, so macht man h nie größer als $0,3 d$, da die Mutter dann ganz unbelastet ist. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen Fig. 439 u. 440, worin auch eine zur Verteilung des Mutterdruckes auf eine große Fläche der Unterlage bestimmte Unterlegscheibe mit dargestellt ist. Selbstverständlich ist eine solche Unterlegplatte bei Bundmuttern nie erforderlich.

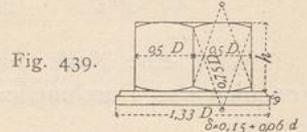


Fig. 439.



Fig. 440.

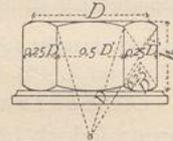
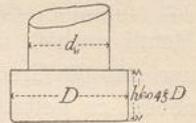


Fig. 441.



225.
Schraubens-
kopf.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde versehen; am anderen erhält er statt dessen einen festen Kopf, welcher meist ein Quadrat von der Seitenlänge D bildet und die Höhe $h = 0,45 D$ erhält (Fig. 441). In seltenen Fällen wird der Kopf sechseckig geformt.

226.
Besondere
Formen von
Mutter u. Kopf.

Besondere Formen von Mutter und Kopf entstehen in folgenden Fällen.

Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Teilen vorstehen, so setzt man sie in eine Vertiefung, welche so weit gemacht wird, daß die Wandstärke des am Ende ein entsprechendes sechseckiges Loch zeigenden Stockschlüssels aus Rundeisen mit doppeltem Handgriffe darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und giebt ihr in der Oberfläche zwei Löcher, um sie mit dem zweizinkigen Zirkelschlüssel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht sich der Bolzen leicht mit; man muß daher mittels eines Schraubenschlüssels am Kopfe, welcher deshalb die Maulweite D erhält, gegenhalten. Geht dies nicht, so bringt man am unteren Schafteile oder am Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung des Drehens an.

Ist eine fest angezogene Schraube dauernd Erschütterungen ausgesetzt, so löst sich die Mutter allmählich von selbst, indem die Reibung zwischen Mutter und Unterlage und zwischen Mutter und Bolzengewinde durch die Schwingungen überwunden wird. Man verwendet deshalb für die Baukonstruktionen geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern, unter denen die Verwendung von Bundmuttern jetzt sehr gebräuchlich ist.

227.
Schrauben-
verbindungen.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, so ist d' nach Gleichung 148 zu bestimmen; wenn mehrere Schrauben die Last P übertragen, so liefert Gleichung 149 ihre Anzahl n .

Auf Abscherung ergibt sich der Bolzendurchmesser d'' für die Kraft P nach den Gleichungen 150 bis 152; sind mehrere Bolzen des Durchmessers d'' zu verwenden, so folgt die erforderliche Anzahl n aus:

$$n = \frac{4P}{\pi t d''^2} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' \geq 2\delta; \dots \dots \dots 153.$$

$$n = \frac{2P}{\pi t d''^2} \text{ für zweifchnittige Bolzen, } d'' \leq \delta; \dots \dots \dots 154.$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' > 2\delta, \text{ und } \left. \dots \dots \dots 155. \right\}$$

Wird der Bolzen des Durchmessers d'' zugleich auf den Zug S und die Abföherung T , d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet d_z den dem Zuge S allein genügenden Rundeisendurchmesser, so mache man

$$d'' = d_z \sqrt{\frac{1}{8} \left[3 + 5 \sqrt{1 + \left(\frac{2T}{S} \right)^2} \right]}; \dots \dots \dots 156.$$

für $T = S$ wird $d'' = 1,33 a_z$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisentabelle festgestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

- 7 Bolzendurchmesser für sechseckige Mutttern und Köpfe,
- 8 " " " viereckige " " "

hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

Für Bauzwecke ist der Anschluss von Rundeisenstangen mittels angeftauchten oder angeschweißten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Teile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 442) oder länglich (Fig. 443) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Teile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlussblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschluss die Gleichung

$$\delta d'' s'' \geq \frac{d''^2 \pi}{4} t$$

die Bedingung dafür, dass Abföherung, nicht Lochlaibungsdruck in Frage kommt; ebenso für zweifchnittigen Anschluss

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t.$$

Hierin ist $\frac{s''}{t} = 1,9$ zu setzen, da in den Schraubenbolzen meist nicht besserer Stoff steckt, als in den Rundeisen und Blechen; demnach lauten die obigen Bedingungen: Abföherung kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn

$d'' \leq 2,4 \delta$, und bei zweifchnittigen Bolzen, wenn $d'' \leq 1,2 \delta$. Ist d'' gröfser, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungsdruck zu rechnen.

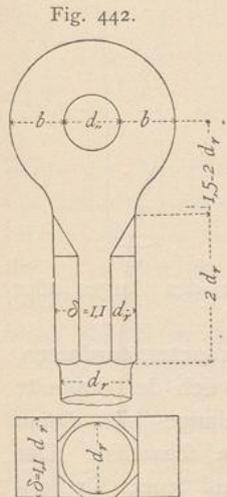


Fig. 442.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 442) wird in der Regel dadurch hergestellt, dass man den voll mit s' beanspruchten Rundeisendurchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1,1 d_r$, dieses in ein Quadrat von der Seite $\delta = 1,1 d_r$ und letzteres in das kreisförmige Auge von der Randstärke b und dem Augendurchmesser d'' übergehen lässt.

Bezeichnen, wie früher, s' die zulässige Zugspannung, t die zulässige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlussbleche, so kann man hier $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungsdruck $s'' = 1,5 s'$ bis $2 s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser muss nun fein:

228.
Bedingungen.

229.
Kreisförmiges
Bolzenauge.

$$\begin{aligned}
 d'' &= 1,12 d_r && \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d'' \leq 2,4 \delta, && . && 157. \\
 d'' &= 0,79 d_r && \text{für zweischnittige Bolzen, wenn sich } d'' \leq 1,2 \delta, && . && 158. \\
 d'' &= 0,52 d_r \frac{d_r}{\delta} && \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d'' > 2,4 \delta \text{ und } &&) && 159. \\
 &&& \text{für zweischnittige Bolzen, wenn sich } d'' > 1,2 \delta &&) &&
 \end{aligned}$$

ergiebt.

Im Bolzenauge selbst ist $\delta = 1,1 d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 159: $d'' = 0,48 d_r$. Bei der Benutzung dieser Formel ist für δ sowohl die Augentärke, wie andererseits die Stärke des Teiles in Rücksicht zu ziehen, an welchen der Anschluss erfolgt.

Die Randbreite b des Auges ist gleich $0,72 d_r$ zu machen. Sollte irgendwo an die Rundeisenstange ein Schraubengewinde angechnitten sein, so ist als d_r der innere Gewindedurchmesser d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 148, die zulässige Zugspannung auf 600 kg für 1 qcm ermässigt zu werden braucht.

In vielen Fällen ergibt sich für das kreisförmige Auge nach Fig. 442 eine Stärke δ , welche erheblich gröfser ist, als die desjenigen Teiles, an welchen der Anschluss erfolgt; der Durchmesser d'' ist dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieses Teiles zu bemessen und wirkt auf die Bildung des Auges äufserst ungünstig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anschlussbleche dadurch erreichen, dass man es durch einseitiges oder zweifseitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verstärkt, muss aber diese Verstärkungen mit dem Anschlussbleche vor Auflegen des Auges oder feiner Laschen mit einer Anzahl von Niete verbinden, welche nach den Gleichungen 113 bis 115 (S. 152) aus der Kraftgröfse $\frac{P \delta_2}{\delta}$ zu ermitteln ist; diese Niete

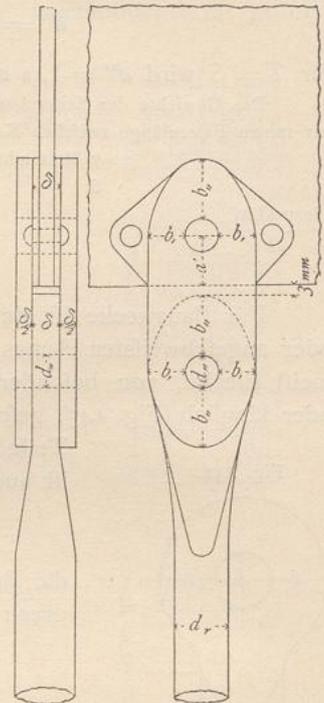
sind, soweit sie sich ganz oder zum Teile in der Auflagerfläche des Auges oder der Laschen befinden, beiderseits zu versenken,

230.
Gabelförmiges
Doppelauge.

Der Anschluss solcher Teile soll stets zweifseitig, nur bei ganz untergeordneten, gering belasteten Gliedern einschnittig erfolgen. Unmittelbar lässt sich der doppelte Anschluss nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitz gleich der Dicke des Anschlussbleches an die Stange schweisft. Das Schmieden und Schweißen dieser Gabelaugen ist aber schwierig und teuer; für Bauarbeiten ist deshalb dieser Anschluss entweder zu kostspielig oder zu unsicher. Nur bei gegoffenen Druckgliedern ist die Verwendung dieser schwierigen Form zulässig. Bei schmiedeeisernen Teilen soll der Anschluss durch doppelte Laschung erfolgen, wobei man die Laschen mit der Stärke $\frac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 443 u. 444) mit etwa 3 mm Spielraum zwischen dem Stangenaug und dem Anschlussbleche ausbildet.

Häufig sind auch derartige Anschlüsse, in denen sich von der einen Seite die Augen zweier schwächeren, von der anderen das Auge einer stärkeren Zugstange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

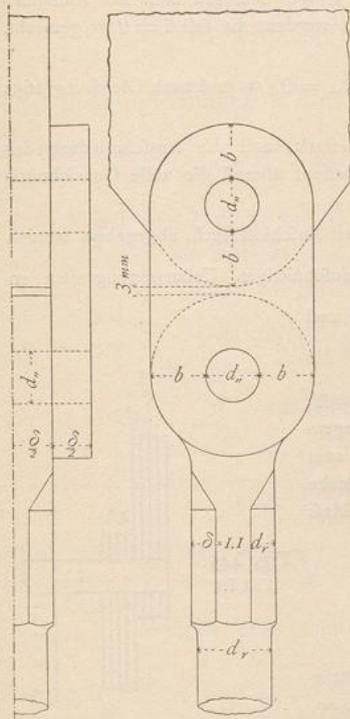
Fig. 443.



Das elliptische Bolzenauge (Fig. 443) wird oft verwendet, wenn es sich um den Anchluss von Flacheisen handelt, jedoch auch wohl in den Anschlüssen von Rundeisen; indess ist diese Form wegen der teureren Herstellung, namentlich in neuerer Zeit, immer feltener geworden.

237.
Elliptisches
Bolzenauge.

Fig. 444.



In beiden Fällen wird das Auge meist durch Stauchen und Ausschmieden erzielt. Da man aber beim Ausschmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeisens unabhängig ist, so wird man sie der Dicke des Anschlussstückes anzupassen streben, sie aber jedenfalls so bemessen, dass der Gelenkbolzen von der Last P auf Lochlaibungsdruck und Abföcherung in gleichem Masse geföhrdet wird. Man macht daher

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abföcherung } 160.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abföcherung } 161.$$

und hiernach dann gemöhß

$$\delta d'' s'' = \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige,}$$

$$\delta d'' s'' = 2 \frac{d''^2 \pi}{4} t \text{ für zweischnittige Bolzen, bei}$$

$$s'' = 1,9 t,$$

$$\delta = 0,42 d'' \text{ für einschnittige Bolzen, } 162.$$

$$\delta = 0,83 d'' \text{ für zweischnittige Bolzen, } 163.$$

Sollte der Anschlussstück erheblich schwächer sein als δ , etwa δ_1 stark, so muss man ihn zunächst wieder durch geföhndert aufgenietet, thunlichst beiderseitige Zulagebleche von der Gesamtdicke $\delta_2 = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man diese Verdickung des zu schwachen Anschlussbleches nicht vor, so muss der Bolzendurchmesser auf Lochlaibungsdruck im Anschlussbleche bemessen werden, und man erhält alsdann meist übermöhßig weite Augen.

Das Auge selbst wird nun meist so geformt, dass die Breite des Randes neben dem Auge b_1 , auf die einfache Zugspannung s' berechnet, der Last $\frac{3}{4} P$, die Breite hinter dem Auge b_2 , der Last $\frac{5}{4} P$ entspricht. Alsdann ergibt sich unter Benutzung der Gleichungen 160 bis 163, bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$$b_1 = 1,12 d'' \text{ für ein- und zweischnittige Bolzen, } \dots \dots \dots 164.$$

$$b_2 = 1,87 d'' \text{ für ein- und zweischnittige Bolzen. } \dots \dots \dots 165.$$

Beispiel. Eine Kraft von 5000 kg soll durch ein Rundeisen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anschlussblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmesser der Stange ist nach Gleichung 148, wenn dort wegen fehlender Verwindung s' statt mit 600 mit 750 kg eingeföhrt wird, $d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3,12 \text{ cm}$, wozu nach der Witworth'schen Skala (S. 163) als nächst größeres das Rundeisen Nr. 13 mit $d_r = 3,9 \text{ cm}$ Bruttodurchmesser gehört.

Der Anschluß erfolgt zweifach durch doppelte Lafchung; daher muß der Durchmesser des Anschlußbolzens nach Gleichung 161: $d'' = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3,14 \cdot 600}} = 2,3$ cm sein, wenn $t = 600$ kg für 1 qcm Abscherspannung zugelassen werden.

Nach Gleichung 163 folgt weiter $\delta = 0,33 d'' = 0,33 \cdot 2,3 = 1,9$ cm; demnach muß das Anschlußblech um 0,9 cm einseitig oder besser um 0,45 cm beiderseitig verstärkt werden. Es soll $\delta = 2$ cm gemacht, das Anschlußblech auf jeder Seite um 0,5 cm verstärkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 164: $b = 1,12 d'' = 1,12 \cdot 2,3 = 2,6$ cm und nach Gleichung 165: $b'' = 1,87 d'' = 1,87 \cdot 2,3 = 4,3$ cm.

Jede der beiderseitig aufzulegenden Lafchen wird nun 1 cm stark, und die Ausschmiedung des Rundeisens in das glatte Auge muß so angeordnet werden, daß mindestens überall die volle Querschnittsfläche eines Kreises vom Durchmesser $d' = 3,12$ cm vorhanden ist.

Die Kraft, welche aus jeder der beiden Verstärkungen an das Anschlußblech abgegeben werden muß, beträgt $\frac{5000 \cdot 0,5}{2} = 1250$ kg. Die für jede Verstärkung einschneidigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 112 (S. 152) $d = 2 \cdot 0,5 = 1$ cm Durchmesser, und ihre Anzahl ist nach Gleichung 113: $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3,14 \cdot 750}$, wenn die

Scherspannung im Niete zu 750 kg für 1 qcm gesetzt wird, also $n = 2$. Die für die zweite Verstärkung gleichfalls einschneidigen, anderen Längenhälften dieser Bolzen bewirken dort den Anschluß, so daß 2 Niete zum Anschluß beider Verstärkungen genügen. Im verstärkten Anschlußbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 133 (S. 155) folgende Maß $a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right)$ abzufehen; für $\frac{s''}{t'} = 1,9$ ergibt sich

$$a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1,9}{2} \right) = \text{rund } 3,5 \text{ cm.}$$

Die berechnete Anordnung ist in Fig. 443 dargestellt.

Die Befestigungsbolzen dieser Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem schwachen durchgesteckten Splinte an, welcher bloß das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat.

Bolzenverbindungen mehrteiliger Konstruktionsglieder kommen fast ausschließlich in solchen Bauteilen vor, welche aus einer größeren Zahl von flachen Bändern mit Bolzenaugen bestehen und wegen der geringen Breite der Bänder dann nur einen durch sämtliche Glieder gehenden Bolzen erhalten. Hier soll daher bloß dieser Fall untersucht werden, und zwar zunächst unter der Einschränkung, daß die zu verbindenden Glieder in einer Geraden liegen.

In Fig. 445, 446 u. 447 sind die drei Möglichkeiten dargestellt, wie n Bänder der Dicke δ durch einen Bolzen des Durchmessers d'' verbunden werden können. Es bezeichnen s' die zulässige Zugspannung im Gliede und Bolzen, t die zulässige Abscherspannung in beiden, s'' den zulässigen Lochlaibungsdruck am Bolzen; unter δ^{ab} , bezw. d''^{ab} ist zu verstehen, daß die Größen auf Abscherrung und Biegung, unter δ^{db} und d''^{db} , daß sie auf Laibungsdruck und Biegung gleich sicher berechnet sind.

In allen drei Fällen hat der Bolzen neben der Abscherrung, bezw. dem Laibungsdrucke ein Biegemoment aufzunehmen, welches beträgt

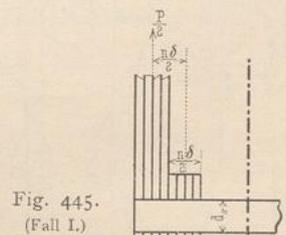


Fig. 445.
(Fall I.)

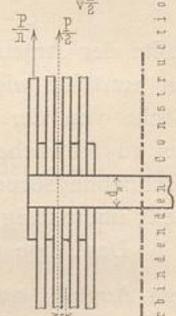


Fig. 446.
(Fall II.)

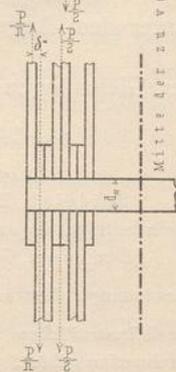


Fig. 447.
(Fall III.)

232.
Verbindung
mehreiliger
Konstruktions-
glieder.

$$\left. \begin{array}{l} \text{im Falle I (Fig. 445): } M = \frac{P}{2} \frac{n\delta}{2} = \frac{Pn\delta}{4} \\ \text{» » II (Fig. 446): } M = \frac{P}{2} \delta \\ \text{» » III (Fig. 447): } M = \frac{P}{n} \delta \end{array} \right\} = aP\delta \quad \left. \begin{array}{l} a = \frac{n}{4}; \\ a = \frac{1}{2}; \\ a = \frac{1}{n}. \end{array} \right.$$

Die Biegungsspannung σ im Bolzen folgt aus $M = \frac{\sigma d''^4 \pi \cdot 2}{64 d''}$ mit

$$\sigma = 10,2 \frac{M}{d''^3} = 10,2 \frac{aP\delta}{d''^3}.$$

Wird der Bolzen auf Abfcherung und Biegung berechnet, so ergibt sich für Fall I: | für Fall II u. III:

$$\frac{P}{2} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 0,807 \sqrt{\frac{P}{t}}; 166. \quad \left| \quad \frac{P}{n} = \frac{d''^2 \pi}{4} t, \quad d''^a = 1,128 \sqrt{\frac{P}{nt}}; 166. \right.$$

auf Abfcherung

aus der Biegung nach $s' \geq 10,2 \frac{aP\delta}{d''^3}$

$$\left. \begin{array}{l} s' \geq 10,2 \frac{aP\delta \sqrt{t^3}}{0,807^3 \sqrt{P^3}}, \\ \text{also } \delta^{ab} \leq 0,0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}}. \quad 167. \end{array} \right| \quad \left. \begin{array}{l} s' \geq 10,2 \frac{aP\delta \sqrt{n^3 t^3}}{1,128^3 \sqrt{P^3}}, \\ \delta^{ab} \leq 0,1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}}. \quad 167. \end{array} \right.$$

Wegen des Lochlaibungsdruckes muß $\delta d'' s'' \geq \frac{K}{n}$ fein; daher

$$0,807 \sqrt{\frac{P}{t}} 0,0516 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{t^3}} s'' \geq \frac{P}{n} \quad \left| \quad 1,128 \sqrt{\frac{P}{nt}} 0,1408 \frac{s'}{a} \sqrt{\frac{P}{n^3 t^3}} s'' \geq \frac{P}{n} \right.$$

oder

$$0,0416 \frac{n}{a} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq 1. \quad \left| \quad 0,1588 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq na. \right.$$

Da $a = \frac{n}{4}$ ist, so ergibt sich

$$0,1664 \frac{s'}{t} \frac{s''}{t} \geq 1.$$

Nun ist

$$\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}, \quad \frac{s''}{t} = \frac{s''}{s'} \frac{s'}{t} = 1,5 \frac{5}{4} = 1,9;$$

demnach müßte, wenn dem Lochlaibungsdrucke genügt fein sollte,

$$0,1664 \frac{5}{4} 1,9 \geq 1 \quad \text{oder} \quad 0,395 \geq 1$$

fein. Dieser Widerspruch würde nur schwinden, wenn t weit unter das übliche Maß gebracht, d. h. d'' sehr groß gemacht würde.

Im Falle I wird fonach fast stets die Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck durchzuführen fein.

Im Falle II ist $a = \frac{1}{2}$; daher entsteht

$$2,0 \cdot 0,1588 \cdot \frac{5}{4} \cdot 1,9 \geq n, \quad 0,755 \geq n,$$

was unmöglich ist; die auf Biegung und Abfcherung berechneten Werte genügen also auf Lochlaibungsdruck nicht.

Im Falle III ist $a = \frac{1}{n}$,

$$0,1588 \frac{5}{4} 1,9 \geq 1 \quad \text{oder} \quad 0,377 \geq 1.$$

Auch hier beweist der Widerspruch, daß die oben berechneten Werte d^a und δ^{ab} auf Lochlaibungsdruck nicht genügen und die Berechnung auch in den Fällen II und III auf Lochlaibungsdruck und Biegung durchzuführen ist.

Demnach muß der Regel nach die Berechnung derartiger Bolzen auf Biegung und Lochlaibungsdruck erfolgen; alsdann ist für alle drei Fälle

$$d'' \delta s'' \geq \frac{P}{n} \text{ und } s' \geq \frac{P \delta a}{d''^3} 10,2, \text{ daher } s' \geq \frac{P a \cdot 10,2}{d''^3} \frac{P}{n d'' s''},$$

und daraus folgen:

$$d'' a b \geq 1,787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{a}{n s' s''}}, \quad \delta a b \geq 0,56 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{a n^3 s''^3}} \quad . \quad 168.$$

Beispiel. Ein Konstruktionsteil, welcher 200 000 kg zu tragen hat und aus $n = 8$ Bändern besteht, soll gefloßen werden, und zwar sollen in nicht genauer Uebereinstimmung mit den oben verwendeten Verhältniswerten $s' = 1000$ kg für 1 qcm, $t = \frac{4}{5} 1000 = 800$ kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm betragen.

Für die Berechnung auf Biegung und Abscherung wäre

$$\text{im Falle I: } a = \frac{n}{4} = 2;$$

nach Gleichung 166

$$d'' a = 0,807 \sqrt{\frac{200000}{800}} = 12,76 \text{ cm},$$

$$\delta a b \leq 0,0516 \frac{1000}{2} \sqrt{\frac{200000}{800^3}} = 0,509 \text{ cm}.$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck wäre dabei $8 \cdot 12,76 \cdot 0,509 \cdot 1400 = 72808$ kg gegenüber zu tragenden 200 000 kg; diese Verhältnisse des Bolzens sind also zu schwach.

$$\text{im Falle II: } a = \frac{1}{2}; \quad \text{III: } a = \frac{1}{8};$$

$$d'' a = 1,128 \sqrt{\frac{200000}{8 \cdot 800}} = 6,3 \text{ cm},$$

$$\delta a b \leq 0,1408 \frac{1000}{1/2} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leq 0,246 \text{ cm für II,}$$

$$\delta a b \leq 0,1408 \frac{1000}{1/8} \sqrt{\frac{200000}{8^3 \cdot 800^3}} \leq 0,984 \text{ cm für III.}$$

Der mögliche Lochlaibungsdruck ist

$$8 \cdot 6,3 \cdot 0,246 \cdot 1400 = 17360 \text{ kg für II,}$$

$$8 \cdot 6,3 \cdot 0,984 \cdot 1400 = 69440 \text{ kg für III;}$$

für Lochlaibungsdruck sind also auch diese beiden Verhältnisse zu schwach.

Für Berechnung auf Biegung und Lochlaibungsdruck sind nach Gleichung 168

$$\text{für Fall I: } a = 2, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2}{8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 16,43 \text{ cm},$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1000}{2 \cdot 8^3 \cdot 1400^3}} = 1,088 \text{ cm};$$

$$\text{„ „ II: } a = \frac{1}{2}, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{2 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 11,62 \text{ cm},$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{2 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 1,54 \text{ cm};$$

$$\text{„ „ III: } a = \frac{1}{8}, \quad d'' b d \geq 1,787 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{1}{8 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot 1400}} = 8,21 \text{ cm},$$

$$\delta b d \geq 0,56 \sqrt{200000} \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 1000}{8^3 \cdot 1400^3}} = 2,18 \text{ cm}.$$

Hiernach zeigt sich, wie auch von vornherein zu erkennen war, daß der Fall III (Fig. 447) weit- aus der günstigste ist.

Die Ausbildung der Augen erfolgt für alle Fälle nach Art. 229 bis 231 (S. 167 bis 169).

Rechnet man die thatächlich auftretende Abscherungsspannung hier nach, so ergeben sich für $n = 8$

$$\text{im Falle I: } \frac{P 4}{2 d''^2 \pi} = \frac{2 \cdot 200000}{3,14 \cdot 16,43^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$\text{„ „ II: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3,14 \cdot 11,62^2} = 235 \text{ kg für 1 qcm};$$

$$\text{„ „ III: } \frac{P 4}{8 d''^2 \pi} = \frac{200000}{2 \cdot 3,14 \cdot 8,21^2} = 472 \text{ kg für 1 qcm},$$

so daß nunmehr die bei der zweiten Berechnung nicht berücksichtigte Widerstandsfähigkeit gegen Abscherung bei weitem nicht ausgenutzt wird.

Es leuchtet ein, daß man im Falle III (Fig. 447) je die beiden unmittelbar zusammenliegenden Bänder zweckmäßig in einem Stücke ausführt; III fällt dann mit II zusammen, bis auf den Unterschied, daß die beiden äußersten Bänder jeder Gruppe nur halb so dick sein dürfen, wie die mittleren.

Ein doppelschnittiger Bolzenanschluß, wie er in Fig. 443 u. 444 dargestellt ist, läßt sich nach Gleichung 168 behandeln, wenn $n = 2$ gesetzt wird, und die 3 Fälle fallen dann mit $a = \frac{1}{2}$ zusammen. Die Gleichung 168 lautet dann:

$$d''db \geq 1,787 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{1}{4 s' s''}}, \quad \delta db \geq 0,56 \sqrt{P} \sqrt{\frac{2 s'}{8 s''^3}},$$

oder

$$d''db \geq \frac{1,265 \sqrt{P}}{\sqrt[4]{s' s''}}, \quad \delta db \geq 0,397 \sqrt{P} \sqrt[4]{\frac{s'}{s''^3}} \dots \dots \dots 169.$$

Beispiel. Wird das Beispiel zu Art. 231 u. Fig. 443 (S. 169 u. 168) hier durchgeführt, also $P = 5000$ kg und, den früher eingeführten Verhältnissen $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$, $\frac{s''}{t} = 1,9$ entsprechend $s' = 750$ kg für 1 qcm, $s'' = 1140$ kg für 1 qcm und $t = 600$ kg für 1 qcm gesetzt, so werden nach Gleichung 169:

$$d''db \geq \frac{1,265 \sqrt{5000}}{\sqrt[4]{750 \cdot 1140}} = 2,95 = \infty 3,0 \text{ cm};$$

$$\delta db \geq 0,397 \sqrt{5000} \sqrt[4]{\frac{750}{1140^3}} = 0,749 = \infty 0,75 \text{ cm}.$$

Hierin entspricht aber δdb als Stärke des Bandes in jeder Gliedhälfte $\frac{\delta}{2}$ in Fig. 443. Die Abscherung im Bolzen wird dann nur

$$\frac{5000 \cdot 4}{2 \cdot 2,95^2 \cdot 3,14} = 367 \text{ kg}.$$

Die Verbindung ist also in dieser Ausführung mit gegen früher stärkerem Bolzen und schwächeren Laschen für Biegung und Lochlaibungsdruck genügend, für Abscherung zu stark, während sie in der in Art. 231 (S. 169) ohne Rücksicht auf Biegung ausgerechneten Ausführung auf Lochlaibungsdruck und Abscherung genügte, für Biegung dagegen zu schwach war.

Dieses Beispiel zeigt auch, wie notwendig bei solchen Verbindungen die Berücksichtigung der Biegungsspannungen im Bolzen ist.

Liegen die zu verbindenden Glieder nicht in einer geraden Linie, wie dies z. B. bei den Knoten von Dachbindern der Fall ist, so wird die Unterfuchung etwas umständlicher und kann nicht in so allgemein gültige Formeln gekleidet werden wie die obigen.

d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

Der Unterschied zwischen Keilen und Splinten besteht darin, daß Splinte infolge des Einsteckens oder Eintreibens keine Abscherungsspannung erleiden, sondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einsetzen in den verbundenen Teilen Spannungen erzeugen. Die regelmäßige Querschnittsform beider ist das Rechteck mit der größeren Seite in der Krafrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges Löfen einzelner Teile verhindern sollen, werden meist als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterscheiden sich von den Keilen durch die Längenansicht, welche bei ersteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig ist; der Anzug beträgt gewöhnlich $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ der Länge; nur wenn man die selbstthätige Löfung durch besondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn größer, bis $\frac{1}{6}$ der Länge.

233.
Keile und
Splinte.

Da ein einfacher Keil feiner Form wegen im rechteckigen Loche immer nur mit einer Kante anliegen kann und hier Zerstörungen hervorruft, und da man diesen Mangel auch durch entsprechend trapezförmig hergestellte Keillöcher nicht ganz beseitigen kann, so verwendet man für stark belastete Verbindungen Doppelkeile, welche stets parallele Kanten geben (Fig. 448), oder dreifache Keile, deren beide Aufsenteile die zu verbindenden Teile mit Nasen umfassen (Fig. 449). Dabei muß die Summe der Nasenbreiten kleiner sein als der kleinste Abstand zwischen den Aufsenteilen, da sonst letztere nicht eingebracht werden können.

Bei mehrfachen Keilen nennt man die Teile, welche die zu verbindenden Stücke mit Nasen umfassen, Nasenkeile, den eigentlichen Treibkeil Setzkeil. Die Kanten des einen Keilstückes, welche sich auf der schrägen Fläche des anderen zu bewegen haben, rundet man etwas ab, damit kein Einfressen vorkommt.

Der rechteckige Querschnitt der Keile und Splinte wird wohl beiderseits nach einem Halbkreife abgerundet, damit die verbundenen Teile ebenso beansprucht werden, wie durch Niet- oder Schrauben- oder Befestigungsbolzen.

Um die Keile nachträglich nachziehen zu können, macht man die Keillöcher in den zu verbindenden Teilen etwas zu lang, so daß sie auf der unbelasteten Seite nicht ganz am Keile anliegen.

Um selbstthätiges Lösen der Keile zu verhindern, steckt man bei einfachen Keilen einen Splint durch ein Bohrloch am dünnen Ende oder durch die verbundenen Teile und den Keil gemeinsam, in welchem Falle man behufs Erleichterung späteren Nachziehens auch eine kleine Druckschraube verwenden kann. Doppelkeile und dreifache können sich nicht lösen, wenn die Teile nachträglich fest miteinander verbunden werden.

234.
Berechnung
der Keile
und Splinte.

Bei rechteckigen Keilen, bzw. Splinten muß die Stange neben dem Keile unter dem Zuge P ebenso leicht abreißen wie die beiden Keilendflächen, und eine der in den Keilflanken liegenden Ebenen im hinteren Stangenkopfe ab-, bzw. ausgesichert werden; schliesslich darf der Lochlaibungsdruck s'' hinter dem Keile das zulässige Maß nicht überschreiten. Die vorletzte Annahme macht man, weil die Keile selten so genau passen, daß sie mit ihrer ganzen Fläche gleichmäÙig im Loche anliegen; oft muß eine Kante die Last vorwiegend tragen.

Die Beanspruchung der Keile auf Biegung ist weniger gefährlich, als bei den Bolzen, weil der hochkantig gestellte Keilquerschnitt großen Widerstand gegen Biegung leistet. Immerhin empfiehlt es sich, die Prüfung der nach den oben angegebenen Rückfichten festgelegten Keile auf ihre Biegungsbeanspruchung nicht zu unterlassen.

Wie früher seien t die zulässige Scherspannung im Keile und in der Stange, s' die zulässige Zugspannung in letzterer. Für das Rundeisen (Fig. 450) ergeben sich folgende 4 Gleichungen:

$$\left(\frac{d^2 \pi}{4} - d \delta\right) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad d h t = P \quad \text{und} \quad d \delta s'' = P;$$

Fig. 448.

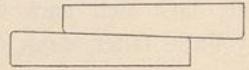


Fig. 449.

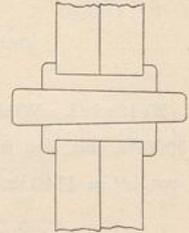
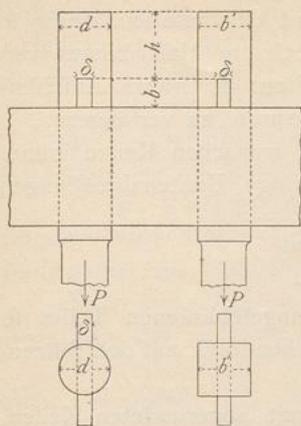


Fig. 450. Fig 451.



daraus folgt

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{s''} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}, \\ d &= 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s''} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ b &= \sqrt{\frac{P}{\pi t} \frac{s''}{t} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ h &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{t} \frac{s''}{t} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}. \end{aligned} \right\} \dots 170.$$

Soll z. B. eine eiserne Stange mittels eisernen Keiles 3500 kg tragen, so sind $\frac{s''}{t} = 1,9$ und $\frac{s''}{s'} = 1,5$ zu setzen, und macht man $s' = 800$ kg, so sind $t = 640$ und $s'' = 1200$ kg. Gleichung 170 liefert alsdann folgende Werte:

$$\delta = 0,95 \text{ cm}, \quad d = 3,03 \text{ cm}, \quad b = 2,88 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 1,81 \text{ cm},$$

welche für die Ausführung abgerundet werden.

Für das Quadrateisen (Fig. 451) lauten die Gleichungen:

$$b' (b' - \delta) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad b' h t = P \quad \text{und} \quad b' \delta s'' = P,$$

und daraus folgt

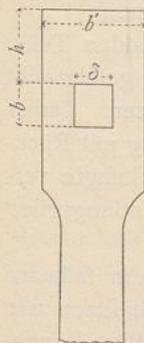
$$\left. \begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{s''}}, & b' &= \sqrt{P \frac{s' + s''}{s' s''}}, \\ b &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{s'} \frac{s' + s''}{t} \frac{s''}{t}}, & h &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t}}. \end{aligned} \right\} \dots 171.$$

Für obiges Beispiel giebt Gleichung 171 die Werte:

$$\delta = 1,08 \text{ cm}, \quad b' = 2,7 \text{ cm}, \quad b = 2,56 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 2,08 \text{ cm}.$$

Meistens wird man die Enden der Eifen vor Herstellung des Loches behufs Ausführung obiger Mafse etwas anstauchen, so dafs die Abmessungen d und b' nicht in der ganzen Stange durchgeführt zu werden brauchen, sondern auf die der Fläche $\frac{P}{s'}$ entsprechenden Mafse vermindert werden können (Fig. 450 u. 451).

Fig. 452.



Für das Flacheisen (Fig. 452) des Querschnittes $\frac{P}{s'}$ und der Dicke δ' ergeben sich die Mafse im Keilanschluffe aus den 4 Gleichungen:

$$(b' - \delta) \delta' s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad h \delta' t = P \quad \text{und} \quad \delta \delta' s'' = P,$$

woraus folgt:

$$\delta = \frac{P}{s'' \delta'}, \quad b' = \frac{P}{\delta'} \frac{s' + s''}{s' s''}, \quad b = \frac{\delta'}{2} \frac{s''}{t}, \quad h = \frac{P}{t \delta'}. \dots 172.$$

Soll z. B. eine Flacheisenstange von $\delta' = 1,5$ cm Dicke eine Last von 5000 kg bei den obigen Spannungsverhältnissen tragen, so werden nach Gleichung 172

$$\delta = 2,74 \text{ cm}, \quad b' = 7 \text{ cm}, \quad b = 1,43 \text{ cm} \quad \text{und} \quad h = 5,2 \text{ cm}.$$

Die Stangenbreite selbst ist $\frac{5000}{800 \cdot 1,5} = 4,2$ cm.

Nach diesen Gleichungen wird nun die Keilbreite b für gleiche Sicherheit in allen Teilen bei Flacheisen fast regelmäfsig, bei Rund- und Quadrateisen häufig fo gering, dafs man sie für die Ausführung über das berechnete Mafs hinaus vergröfsern mufs; alsdann sind alle anderen Mafse beizubehalten; der ganze Anchluss ist aber um das Mafs, das dem theoretischen b zugefetzt wurde, zu verlängern.

Die Vergröfsderung von b wird bei Doppelkeilen und dreifachen Keilen immer nötig, weil fonst die einzelnen Teile unausführbar geringe Breitenabmessungen erhielten. Man macht

$$b = 3 \delta \text{ bis } 4 \delta \text{ für Doppelkeile und}$$

$$b = 4 \delta \text{ bis } 5 \delta \text{ für dreifache Keile.}$$

Selbstverständlich mufs der Keil an beiden Seiten des angefchlossenen Teiles fo viel Auflagerlänge haben, dafs auch hier der zuläffige Flächendruck auf den stützenden Teilen nicht überschritten wird.

Sehr häufig werden Keilanschlüsse, namentlich die mit abgerundeten Keilen, auch nach den zu Fig. 442 bis 444 gegebenen Regeln ausgeführt, indem man die Augen um fo viel verlängert, wie die Keillänge b den zu den Abbildungen gehörenden Bolzendurchmesser d'' übertrifft.

2. Kapitel.

Verlängerung von Eifenteilen.

235.
Allgemeine
Regeln.

Die Verlängerung von Eifenteilen kommt hier nur für Konstruktionssteile aus Schweifseisen oder Stahl in Frage.

Die Verlängerung einfacher Querschnitte ist zum Teile bereits bei den Verbindungen durch Niete (Fig. 417 bis 420), Schrauben (Fig. 443 u. 444) und Keile (Fig. 450 bis 452) behandelt worden, da alle dort für Anschlüsse an anderweitige Teile gegebenen Formen und Regeln auch für den Zusammenchluss gleichartiger Teile verwendet werden können.

Die bei Verlängerungen zu beobachtenden allgemeinen Regeln sind folgende:

1) Die Mittelkraft aller Spannungen mufs in sämtlichen Teilen der Verbindung in die Schwerpunktsachse der verbindenden und verbundenen Teile fallen.

2) Derjenige Querschnitt der zu verlängernden und der verbindenden Teile, welcher durch die bei fast allen Verbindungen nötige Lochung am meisten geschwächt ist, mufs auch den vom ganzen Gliede verlangten Sicherheitsgrad besitzen. Daher mufs entweder das ganze Glied um die Verschwächung in der Verbindung mit Rücksicht auf das bei den Nietungen (in Art. 201, S. 147 u. 218, S. 159) Gefagte verstärkt werden, oder man mufs dem Teile ein besonders geformtes Verbindungsglied anschweifsen oder anstauchen, wie in Fig. 443, 444, 450 u. 451.

3) Die verbindenden Teile: Niete, Schrauben, Keile u. f. w., sollen in sich auf Abscherung, Biegung und Lochlaibungsdruck denselben Sicherheitsgrad besitzen wie die verbundenen Teile an der schwächsten Stelle. Bezeichnen s'_a die zuläffige Längsspannung in den verbundenen Teilen und etwaigen Lafchen, s'_b diejenige in den verbindenden, s'' den zuläffigen Lochlaibungsdruck, t die zuläffige Scherspannung in den verbindenden, t' diejenige in den verbundenen Teilen und Lafchen, so kann

man nach den gemachten Erfahrungen folgende Verhältnisse dieser Spannungsgrößen einführen, wenn die verbindenden Teile als aus besonders gutem Stoffe hergestellt angenommen werden:

$$\frac{s'_b}{s'_a} = 1,25, \quad \frac{t}{s'_a} = 1, \quad \frac{t'}{s'_a} = 0,8 \quad \text{und} \quad \frac{s''}{s'_a} = 1,5 \text{ bis } 2,0 \quad \dots \quad 173.$$

4) Die verbundenen Teile müssen hinter der Lochung für die verbindenden noch stark genug fein, um nicht auszureißen, bzw. ausgefchert zu werden.

5) Bei Verlängerung gedrückter Glieder rechnet man selten auf Kraftübertragung durch Flächendruck; meist macht man die verbindenden Teile, wie bei Zug, stark genug zur Uebertragung der ganzen Kraft.

Nach diesen Regeln lassen sich die Verlängerungen einteiliger Querschnitte unter Benutzung der im vorhergehenden Kapitel gegebenen Formeln stets ausführen.

Nietverbindungen kommen hauptsächlich bei Verlängerung von Blechen, Flacheisen, Formeisen und Eisenteilen zusammengesetzten Querschnittes, Keile fast nur bei Verlängerung von Flacheisen, Schrauben bei Verlängerung von Rundeisen zur Anwendung. Bei Flacheisen hat man früher auch noch andere Verbindungsweisen benutzt.

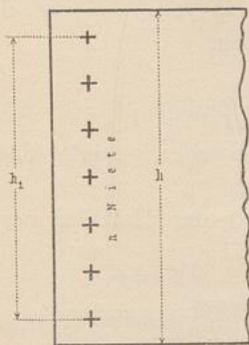
a) Verlängerung von Blechen.

Die Verlängerung von Blechen kommt bei Bauarbeiten vorwiegend in dem Falle vor, daß die Bleche hochkantig stehen und biegender, sowie abscherenden Kraftwirkungen ausgesetzt sind, nämlich in den Wänden von Blechträgern. Diese Verbindungen liegen meist an solchen Stellen, wo allein oder vorwiegend Biegemomente wirken; der Einfluß erheblicher Scherkräfte auf diese Verbindungen soll unten kurz erläutert werden.

Die anzugebende Formel für die erforderliche Nietzahl beruht auf der Grundannahme, daß die Leistungen der einzelnen Niete gerade so, wie diejenigen der

Teile der Blechwand selbst in geradem Verhältnisse zum Abstände von der Mitte der Höhe stehen, und im Stande sein müssen, das Biegemoment zu übertragen, welches die volle Blechwand bis zur zulässigen Grenze der Spannungen in Anspruch nimmt.

Fig. 453.



Bezeichnet s' die Beanspruchung, die man mit Rücksicht auf die an der Verbindungsstelle durch die Lochung eintretende Erhöhung an der Ober- und Unterkante des vollen Bleches zulässt (in der Regel 600 bis 800 kg für 1 qcm); s'' den zulässigen Lochlaibungsdruck zwischen Niet und Lochwandung, t' die zulässige Scherspannung im Niete; h die Höhe der Blechwand; h_1 die Höhe des Teiles, auf welchem mit Rücksicht auf den erforderlichen Randabstand $a = 1,5 d$ (siehe Art. 209, S. 153) oder wegen anderer Rück-

sichten Niete untergebracht werden können (Fig. 453); k die in die Rechnung einzuführende geringste Tragfähigkeit eines Nietes, d. h. bei der regelmäßig auszuführenden doppelten Läsung den kleineren der beiden Werte $d \delta s''$ oder $2 \frac{d^2 \pi}{4} t'$; δ die Dicke der Blechwand — so ist die Anzahl n der Niete zu bestimmen nach

$$n = \frac{1}{2} \left[\frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 1 + \sqrt{\left(\frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 3 \right)^2 - 8} \right] \dots \dots \dots 174.$$

236.
Verlängerung
von
Blechen.

Diese Zahl ist dann nach Erfordernis in einer, zwei oder drei Reihen unterzubringen.

Für nicht allzu geringe Blechhöhen h kann die Näherungsformel

$$n = \frac{s' \delta h^2}{k h_1} - 2 \dots \dots \dots 175.$$

benutzt werden.

Beispiel. Eine $h = 100$ cm hohe und $\delta = 1,0$ cm starke Blechwand sei im vollen Bleche mit der Randspannung von $s' = 700$ kg für 1 qcm belastet und mit Nieten von $d = 2$ cm zu verlaschen; t' soll 600 kg für 1 qcm und $s'' = 1400$ kg für 1 qcm sein. Alsdann ist $k = 1 \cdot 2 \cdot 1400 = 2800$ kg oder $= 2 \frac{2^2 \pi}{4} 600 = 3768$ kg, also gleich 2800 kg zu setzen. h_1 wird $= h - 2 \cdot 1,5 d = 100 - 6 = 94$ cm. Demnach ist

$$\frac{s' \delta h^2}{k h_1} = \frac{700 \cdot 1 \cdot 100^2}{2800 \cdot 94} = 26,6,$$

somit nach Gleichung 174

$$n = \frac{1}{2} \left[26,6 - 1 + \sqrt{(26,6 - 3)^2 - 8} \right] = 24,5 = \infty 25 \text{ Niete.}$$

Die Näherungsgleichung 175 liefert $n = 26,6 - 2 = 24,6$ Niete, also denselben Wert.

Sollten diese in einer Reihe stehen, so könnte die Teilung nur $\frac{94}{25} = 3,76$ cm betragen, was unmöglich ist.

Werden in zwei Reihen: vorn 13, hinten 12 Niete, untergebracht, so ist die Teilung $\frac{94}{12} = 7,833$ cm,

und die Kantenspannung des Bleches in der Nietreihe ist dann mit $s' = \frac{700 \cdot 7,833}{7,833 - 2} = 940$ kg zu rechnen.

Erscheint diese zu hoch, so müssen drei Nietreihen angeordnet werden. Wird diese Beanspruchung zugelassen, so ist die erforderliche Nietteilung e bei zweireihiger Nietung nach Gleichung 127 (S. 154) für $n' = 2$ und $s' = 940$

$$e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 1400}{940} \right) = 7,96 \text{ cm}$$

gegenüber der tatsächlichen von 7,83 cm. Die Nietteilung ist also auch knapp, und es dürfte sich daher bei sorgfältiger Durchbildung empfehlen, die 25 Niete in drei Reihen mit 9, 8 und 7 Nieten unterzubringen, wodurch gleichzeitig eine erhebliche Abminderung der größten Kantenspannung des Bleches an der Nietstelle erzielt würde.

237.
Be-
rückichtigung
der Scher-
spannungen.

Tritt neben der Biegungsspannung s' noch eine erhebliche Scherspannung t auf, so führe man in die Gleichungen 174 u. 175 statt s' den Wert $\sqrt{s'^2 + t^2}$ ein und wird dann die Scherspannung reichlich berücksichtigt haben.

b) Verlängerung von Flacheisen und Rundeisen.

238.
Verlängerung
von
Flacheisen.

Für die Verlängerung von Konstruktionsteilen, die aus Flacheisen gebildet sind, werden hauptsächlich die nachstehenden Mittel verwendet.

1) Klammerverbindung (Fig. 454⁹⁸). Eine nach Art der Holzklammern (siehe Art. 121, S. 99) gestaltete Klammer bewirkt die Vereinigung der beiden zu verbindenden Teile; an einem der letzteren ist ein Haken, am anderen ein Auge angeschmiedet; ebenso ist die Klammer am einen Ende mit einem Haken, am anderen mit einer Oese versehen⁹⁹).

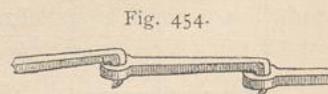


Fig. 454.

2) Splint- und Keilverbindung, deren Anordnung aus Fig. 455 u. 456⁹⁸) ohne weiteres ersichtlich ist.

3) Gelenkverbindung (Fig. 457), deren Bolzen mit oder ohne Schraubengewinde gebildet ist.

⁹⁸) Fakf.-Repr. nach: *Gazette des arch.* 1873, S. 76 u. 77.

⁹⁹) Diese Verbindungsweise ist von *Pierre de Montereau* in der *Sainte-Chapelle* zu Paris in Anwendung gekommen; die Verbindungsklammern sind nach Art der Ketten in größerer Zahl aneinander gereiht.

4) Keil-, bzw. Splintverbindung unter Zuhilfenahme von Ringen. An die Enden der zu verbindenden Teile werden Nafen angeschmiedet; die in entgegengesetztem Sinne angeordneten Nafen werden in der durch Fig. 458 u. 459⁹⁸⁾

Fig. 455.

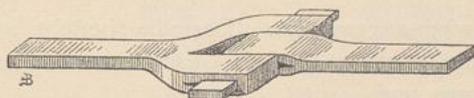


Fig. 456.

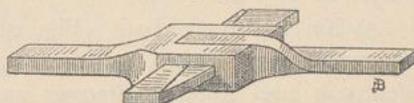
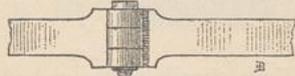


Fig. 457.



veranschaulichten Weise aneinander gelegt und durch Keile, bzw. Splinte auseinander gehalten; zwei eiserne Ringe *a* haben die Lösung der Verbindung zu verhüten.

Bei den in Fig. 458 u. 459 dargestellten Verbindungen sind noch besondere Hilfsstücke erforderlich; wo Keile in Anwendung sind, ist das Anspannen des betreffenden Konstruktionsteiles möglich.

5) Verzahnung (Fig. 460 u. 461⁹⁸⁾). Auch hier wird häufig das Umlegen von zwei Eisenringen um die Verbindungsstelle notwendig.

6) Vernietung. Bei Verlängerung von Flacheisen kommt der einseitige oder

Fig. 458.

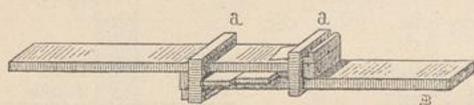
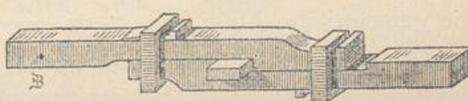


Fig. 459.



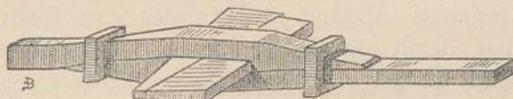
doppelte Anchluss, bzw. die einfache oder doppelte Verlastung (siehe Art. 214 bis 217, S. 157 bis 159) zur Verwendung.

Diese Verbindungen sind bis auf die unter 6 angeführten Vernietungen den altgewohnten Holzverbindungen nachgebildet, deren Gestalt sie größtenteils mit

Fig. 460.



Fig. 461.



unwesentlichen Veränderungen beibehalten haben. Sie können heute als veraltet angesehen werden, da sie fast durchweg durch die Verbindungen unter 6 und die im nachfolgenden zu besprechenden verdrängt sind; nur die unter 3 angeführte Verbindung findet sich noch häufig bei Thür-, Fenster- und Kastenbeschlägen. Die Gründe des Verschwindens dieser früher meist verwendeten Verbindungen liegen darin, dass ihre Form dem Wesen des Eisens wenig entspricht und daher hohe Herstellungskosten verursacht und dass die Wirkungsweise meist eine recht unvollkommene ist.

Die geschweiften Augen, wie in Fig. 455, sind wegen der Schweißung unzuverlässig; ebenso bedingen Gabelungen, wie in Fig. 455 u. 456, ganz besonders sorgfältige Herstellung, und die in Fig. 455, 456, 458, 459, 460 u. 461 verwendeten Einschnitte für Keile sind in der erforderlichen Gestalt scharf nur mittels der Feile herzustellen, daher vergleichsweise sehr teuer.

Sollen Konstruktionsteile, die aus Rundeisen gebildet sind, verlängert werden, so kann dies im wesentlichen in dreifacher Weise geschehen:

1) Der eine der zu verbindenden Teile wird in eine Oese, der andere in einen

239-
Verlängerung
von
Rundeisen.

Haken ausgefchmiedet, welch letzterer nach Art der Kettenhaken gestaltet wird (vergl. Fig. 454).

2) Man benutzt die im vorhergehenden Kapitel (unter c) vorgeführten Bolzenverbindungen bei doppeltem Anschlusse oder doppelter Lafchung (siehe Art. 228 bis 231, S. 167 bis 169).

3) Ein Spannschlofs (Fig. 462) wird angewendet. Dasselbe besteht aus zwei vereinigten Muttern mit Gegengewinde, welche die mit Gewinde versehenen Enden von zwei Rundeisenstangen aufnehmen und durch starkes Anziehen die Erzielung von Anfangsspannungen in solchen Teilen gestatten, von denen man Straffheit schon vor der Belastung verlangt.



Fig. 462.

240.
Stellung der
Löcher in
Bandeisen.

Ein Bandeisen, z. B. die Kopfplatte eines Blechträgers, welches durch zwei oder mehrere zur Mittellinie parallele Nietreihen mit anderen Teilen verbunden werden soll, wird nicht verstärkt, wenn man die Bolzen oder Nietlöcher in zwei zur Mitte symmetrisch liegenden Teilungslinien versetzt. Entgegen der viel verbreiteten gegenteiligen Ansicht erweist sich ein Band mit einem schief gefetzten Nietloche als höher beansprucht, d. h. schwächer, als ein gleiches mit zwei zur Mitte symmetrisch gestellten Löchern. Für das in Fig. 463 dargestellte Band, für welches sich die Schwerpunktslage gegen die geometrische Mitte aus $x_0 = \frac{d e}{b - d}$ ergibt, folgt die grösste Kantenbeanspruchung σ^1 an der Seite, nach welcher das Loch verschoben ist, bei der Spannkraft P aus

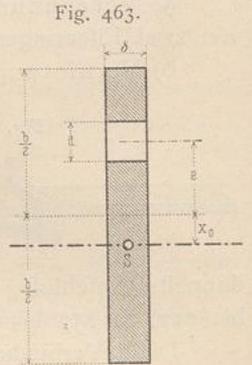


Fig. 463.

$$\sigma^1 = \frac{P}{\delta (b - d)} \left\{ 1 + \frac{6 d e (b^2 - d [b - 2 e])}{(b^3 - d^3) (b - d) - 12 d b e^2} \right\} \quad 176.$$

Wären zwei Löcher symmetrisch zur Mitte angeordnet, so wäre die Spannung

$$\sigma^2 = \frac{P}{\delta (b - 2 d)} \quad \dots \quad 177.$$

Derjenige Abstand e^1 , den das eine Loch von der geometrischen Mitte erhalten darf, damit die Kantenbeanspruchung σ^1 gerade so groß wird, wie die gleichförmig verteilte σ^2 bei Vorhandensein von zwei Löchern, ergibt sich aus der Gleichsetzung $\sigma^1 = \sigma^2$ zu

$$e^1 = \sqrt{\frac{b^2 (b - 2 d)^2}{64 d^2} - \frac{b^3 - d^3}{24 d} - \frac{b (b - 2 d)}{8 d}} \quad \dots \quad 178.$$

Ist die Lochmitte weiter, als um e^1 von der geometrischen Mitte entfernt, so erweist sich ein schief sitzendes Loch als ungünstiger, als zwei symmetrisch angeordnete.

Beispiel. Ein Band von der Stärke $\delta = 1$ cm soll durch $P = 16000$ kg im ungeschwächten Querschnitte mit 800 kg für 1 qcm beansprucht sein, muß also $b = \frac{16000}{800 \cdot 1} = 20$ cm Breite erhalten. Erfolgt die Verbindung mit anderen Teilen durch Niete von $d = 2$ cm Durchmesser, so ist der Abstand e^1 von der Mitte nach der Gleichung 178

$$e^1 = \sqrt{\frac{20^2 (20 - 2 \cdot 2)}{64 \cdot 2^2} - \frac{20^3 - 2^3}{24 \cdot 2} - \frac{20 (20 - 2 \cdot 2)}{8 \cdot 2}} = 23,8 - 20 = 3,8 \text{ cm};$$

und die Beanspruchung wäre bei dieser Lochstellung so groß, wie wenn zwei Löcher vorhanden wären, also nach Gleichung 177

$$\sigma^2 = \frac{16000}{1 (20 - 2 \cdot 2)} = 1000 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Nun wird es aber in den meisten Fällen aus verschiedenen Gründen unthunlich sein, das Loch der Mitte so nahe zu bringen; im vorliegenden Falle werden die Nietreihen in die Viertel der Bandbreite zu legen sein, so daß $e = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm}$ wird. Bei Anordnung nur eines Loches in jedem Querschnitte, d. h. beim Versetzen der Niete in den Reihen gegeneinander, wird nun die größte Kantenspannung nach Gleichung 176

$$\sigma^1 = \frac{16000}{1(20-2)} \left[1 + \frac{6 \cdot 2 \cdot 5 [20^2 - 2(20 - 2 \cdot 5)]}{(20^3 - 2^3)(20 - 2) - 12 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 5^2} \right] = 1043 \text{ kg für } 1 \text{ qcm,}$$

wird also schon erheblich ungünstiger als bei zwei Löchern in demselben Querschnitte.

Da die Niete dem Außenrande meist noch näher gerückt werden müssen, als hier angenommen wurde, so kann festgestellt werden, daß das Versetzen der Niete in zwei zur geometrischen Mitte symmetrisch liegenden Nietreihen gegeneinander stets ein Fehler ist.

c) Verlängerung von Formeisen und Eisenteilen zusammengesetzten Querschnittes.

Für Konstruktionsteile, die aus einzelnen oder mehreren Formeisen bestehen, kommen fast ausschließlich Vernietungen in Frage. Zur Anwendung kommen:

- 1) Für Winkeleisen die bereits in Art. 220 (S. 160) angegebenen Lafschungen.
- 2) Kreuzeisen werden durch doppelte Verlafchung eines jeden der 4 Schenkel verbunden. Dieses Verfahren ist unbequem, das Kreuzeisen hauptsächlich aus diesem Grunde selten.

Fig. 464.

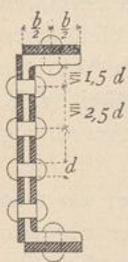
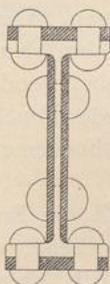


Fig. 465.



- 3) **C**-Eisen werden mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher Lafchung der Flansche gestoßen (Fig. 464).

- 4) Das **I**-Eisen wird wie das **C**-Eisen gestoßen (Fig. 465).

- 5) Das **T**-Eisen wird mittels doppelter Lafchung des Steges und einfacher äußerer Lafchung des Flansches gestoßen; dieser Stoß ist jedoch selten notwendig.

- 6) Das **Z**-Eisen wird wie die vorhergehenden gestoßen; indes hat der Stoß von **Z**-Eisen meist, z. B. in den Gelenken von Dachpfetten, nur als Auflager des einen Stückes zu dienen und beschränkt sich dann auf die doppelte Lafchung des Steges.

Bei der Berechnung dieser Verbindungen sind die folgenden Punkte im Auge zu behalten.

Die Berechnung darf nicht für den Querschnitt im ganzen aufgestellt, sondern muß für jeden Teil (Steg, Flansch etc.) gefondert durchgeführt werden, damit nicht die Verbindung in einem Teile zu stark, im anderen zu schwach wird. Die Verbindungsteile (Niete, Bolzen, Keile) müssen in gleichartigen Teilen des Querschnittes in dieselbe Schnittebene, in verschiedenen Teilen können sie in verschiedene Schnittebenen gebracht werden, damit der Querschnitt, so weit als möglich, durch die Lochung keine Schwerpunktsverlegung erfährt, deren schädlicher Einfluß oben (Art. 240, S. 180) für das Bandeisen nachgewiesen wurde. Beim **T**-, **C**- und **L**-Eisen ist dies nicht immer durchzuführen.

Liegt der Stoß in einem gedrückten Teile, welcher wegen des erforderlichen Widerstandes gegen Zerknicken eine Verstärkung gegenüber dem nur auf Druck nötigen Querschnitte erfahren hat, in der Nähe der Mitte, so muß die Verbindung unter Zugrundelegen des voll belastet gedachten, verstärkten Querschnittes berechnet

241.
Verlängerung
von
Profileisen.

242.
Berechnung
dieser
Verbindungen.

werden; liegt der Stofs aber in der Nähe des Endes, wo die Gefahr des Zerknickens gering ist, so braucht die Verbindung nur auf die gleichförmig über den ganzen Querschnitt verteilt gedachte, wirklich vorhandene Drucklast bemessen zu werden (vergl. Art. 201, S. 147).

Für Teile, welche Spannungswechfeln ausgesetzt und daher mit Rücksicht auf die *Wöhler'schen* Versuchsergebnisse¹⁰⁰⁾ bemessen sind, empfiehlt es sich, gleiche Spannungsermächtigungen auch in den Verbindungen eintreten zu lassen. Dies geschieht von selbst, wenn man die Verbindungsteile nicht mit Spannungswerten, sondern, von der Flächengröße des verschwächten Querschnittes der zu verbindenden Teile ausgehend, mit den Verhältniszahlen der Spannungswerte in Gleichung 173 (S. 177) berechnet.

Uebrigens zeigt Fig. 465 ganz besonders deutlich, wie ungünstig viele Formeisen durch Stöße beeinflusst werden. Obwohl für den Flansch besonders dünne Niete benutzt sind, ist doch fast der ganze Flansch durch die Löcher beseitigt, und die Köpfe der Flanschniete sind so nahe an die Steglaschen gerückt, daß sie kaum ausgebildet werden können. Man thut daher gut, Verlängerungen solcher Formeisen ganz zu vermeiden.

243.
Verlängerung
zusammen-
gesetzter
Querschnitte.

Für die zusammengesetzten Querschnitte gelten sowohl die allgemeinen, wie auch die für mehrteilige Querschnitte im vorstehenden gegebenen Regeln.

Man legt zwischen die Teile zusammengesetzter Querschnitte gern offene Schlitzte von solcher Breite, daß an den Stofsstellen entsprechend starke Laschen für die inneren Teile unmittelbar auf diese eingelegt werden können. Dieses Verfahren führt zu bequemen und gut wirkenden Verbindungen, hat aber den wesentlichen Nachteil, daß die engen, langen Schlitzte nicht genügend gereinigt und im Anfriche erhalten werden können. Bei Teilen, welche der Witterung oder Feuchtigkeit (z. B. Dampf) ausgesetzt sind, sieht man daher von dieser an sich bequemen Anordnung zweckmäßigerweise möglichst ab.

Von wesentlichem Einflusse auf die Stofsanordnungen ist die Frage, ob man alle Teile des ganzen Querschnittes in einer und derselben Ebene, oder ob man einzelne Gruppen der Teile in verschiedenen Ebenen stößt, d. h. ob man sog. Gesamststöße oder versetzte Stöße anordnet.

Die Verwendung des Gesamststosses hat den Vorteil, daß die zwischen zwei Stößen liegenden Gliedteile in der Werkstätte vollkommen fertig gestellt werden können, so daß beim Aufstellen nur die Stofsverbindungsteile einzufügen sind; allein das Durchschneiden aller Teile an einer Stelle ist der gleichmäßigen Widerstandsfähigkeit aller Querschnitte des betreffenden Bauteiles nicht zuträglich.

Hat man die Stöße versetzt, so können die überragenden Enden der Gruppen erst nach dem Zusammenlegen verbunden werden; daher ergibt sich viel Arbeit auf der Baustelle selbst, aber zugleich eine gleichmäßigere Widerstandsfähigkeit.

Gesamststöße wird man demnach anbringen, wenn es sich um schnelles und bequemes Aufstellen handelt, namentlich dann, wenn an bestimmten Stellen der Glieder verminderte Festigkeit zulässig erscheint oder leicht eine Verstärkung durch anderweitige Konstruktionsteile (z. B. große und starke Knotenbleche) erzielt werden kann; versetzte Stöße dagegen, wenn es bei langen Konstruktionsteilen auf thunlichst gleichmäßige Festigkeit in allen Querschnitten in erster Linie ankommt und die nach-

¹⁰⁰⁾ Siehe Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses „Handbuchs“, Art. 283, S. 248.

trägliche Verbindung der überstehenden Teile auf der Baustelle keine erheblichen Schwierigkeiten verursacht.

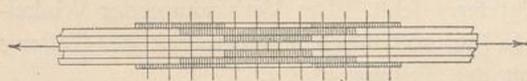
Wegen der angegebenen Vereinfachung der Herstellung bildet die Anordnung von Gefamtfößen heute bei allen Bauarbeiten die Regel.

Die einfacheren Formen zusammengesetzter Querschnitte sind die folgenden.

1) Das mehrfache Flacheisenband. Ist ein Schlitz darin vorhanden, so erfolgt die Verbindung durch eine eingelegte Lafche; bei Gefamtfößen muß der Schlitz die doppelte Stärke des einzelnen Bandes haben, bei versetztem Stofse die einfache. Bei versetztem Stofse muß selbstverständlich zwischen den beiden Stofstellen die Zahl der für den Stof nötigen Verbindungsteile (Niete, Bolzen) doppelt vorhanden sein.

Ist kein Schlitz angeordnet, so erfolgt die Verbindung für Gefamtfößen durch beiderseits, für versetzten Stof durch einseitig aufgelegte Lafchen von der Stärke der Bänder.

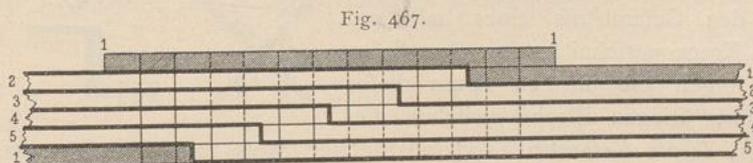
Soll von mehreren unmittelbar aufeinander liegenden Bändern eines der inneren gestofsen werden, so muß man die Stoflafche ein- oder zweiseitig auf die äußersten Bänder legen. Man hat sich dann aus den nicht gestofsenen Bändern die in Fig. 466 veranschaulichte Lafchenreihe herausgeschnitten zu denken, worin sich die Länge der eigentlichen Außenlafchen nach jeder Seite des Stofses aus derjenigen Anzahl von Verbindungsteilen ergibt, welche einmal mehr diejenige Anzahl enthält, welche zur Uebertragung der im gestofsenen Bande wirkenden Kraft erforderlich ist, als Bänder zwischen dem



gestofsenen Bande und der Lafche liegen; in Fig. 466 sind zwei Nietreihen für die Kraftübertragungen und zwei Platten zwischen Stof und Lafche angenommen; die Zahl der Nietreihen zu jeder Seite des Stofses beträgt also $2(2 + 1) = 6$.

In Fig. 466 ist zunächst nur ein Stof in der mittelften Platte gedacht, welcher durch die langen Außenlafchen gedeckt wird. Fig. 466 läßt aber ohne weiteres erkennen, daß man ohne Vermehrung der Niete oder der Lafchen auch in alle übrigen Platten je einen Stof einlegen kann, nämlich in jeder Platte an einem Ende der als Lafchen gedachten, überstrichelten Stücke. Die Außenlafchen sind so stark zu machen wie die stärkste der zu stofsenden Platten.

Der Stof einer Mehrzahl von zusammenliegenden Platten für den Fall, daß man eine Lafche nur an einer Seite auflegen kann, erfolgt nach Fig. 467 in der

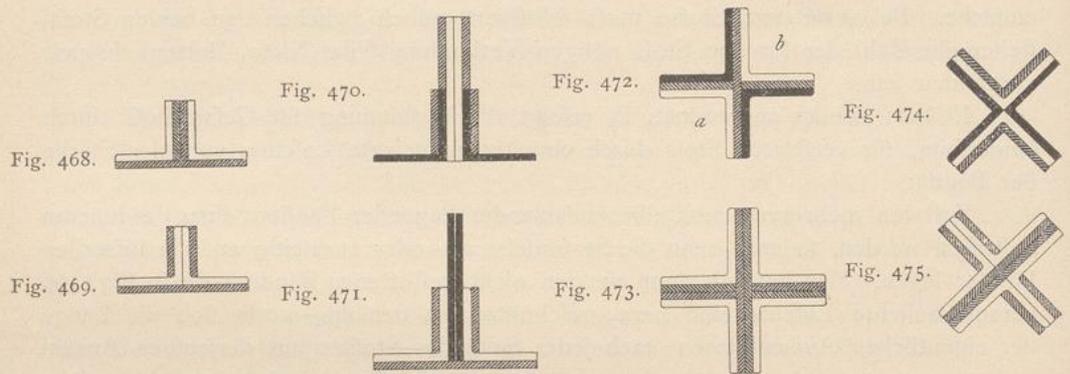


Weise, daß man die für die einschnittige Verbindung erforderliche Nietzahl einmal öfter setzt, als zu stofsende Platten da sind, die Stöße treppenförmig zwischen diese Gruppen legt, und alle Niete auf der einen Seite durch eine lange, an Dicke der stärksten Platte gleiche Lafche faßt. Dies ist z. B. die gewöhnliche Art des Stofses einer größeren Zahl von Gurtplatten eines Blechträgers, die man der Winkeleisen und der Wand wegen nur von außen mit einer Lafche fassen kann.

244.
Einfachere
Verlängerungen
dieser Art

In Fig. 467 sind fünf Platten zu stoßen, und es ist angenommen, daß zwei Nietreihen zur einschneidigen Verbindung je zweier Platten genügen. Daher sind $(5 + 1) \cdot 2 = 12$ Nietreihen gesetzt. Die Ueberführung der Kräfte ist dabei so zu denken, wie es für die Platten 1, 1' und die Lasche durch Ueberstricheln, für die übrigen durch starke Einrahmung der zusammengehörigen Stücke und für die Niete durch Ausziehen der in Frage kommenden Strecken der durchgezogenen Schäfte angedeutet ist.

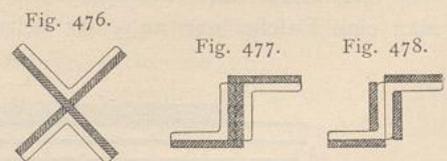
2) Der aus Formeisen und Blechen zusammengesetzte T- und +förmige Querschnitt. Fig. 468 u. 469¹⁰¹⁾ zeigen T-förmige Querschnitte aus zwei Winkeleisen, und zwar Fig. 468 die Stofsanordnung für Gefammtstofs, wenn ein



Schlitz angeordnet ist, Fig. 469, wenn letzterer fehlt. Die Verbindung der Winkeleisen aufserhalb der Laschen geschieht in Fig. 468 durch Stehniete mit der Teilung $\geq 15 d$, in Fig. 469 durch Heftniete mit der Teilung $\geq 8 d$.

In Fig. 470 u. 471 sind T-förmige Querschnitte aus Winkeleisen und Blechen dargestellt, bei denen der Gefammtstofs sehr unbequem werden würde. Fig. 470 zeigt den Stofs der Bleche, Fig. 471 denjenigen der Winkeleisen an veretzter Stelle. Fig. 472 bis 475 geben die Anordnung einiger +förmiger Querschnitte aus vier Winkeleisen. Sind Schlitzte angeordnet, so erfolgt die Verbindung der Winkeleisen untereinander durch wechselweises Einlegen von Blechstreifen dicht übereinander in beide Schlitzte in Abständen $\geq 20 d$; fehlen die Schlitzte, so werden Heftniete in Abständen $\geq 8 d$, in den Schenkeln eines Winkeleisens veretzt, eingezogen. Im besonderen stellen Fig. 472 den veretzten Stofs des +förmigen Querschnittes in den Winkeleisen *a* und *b* mit schmalen Schlitzte, Fig. 473 den Gefammtstofs desselben Querschnittes bei breitem Schlitzte, Fig. 474 den veretzten Stofs eines geschlossenen und Fig. 475 den Gefammtstofs eines halb geschlossenen Kreuzquerschnittes dar. Aus diesen Beispielen folgen die übrigen Arten dieses Querschnittes. Liegen Bleche zwischen den Winkeleisen, so ist Gefammtstofs oder veretzter Stofs nach Fig. 474 anzuwenden.

3) Der Kreuzquerschnitt aus zwei Winkeleisen muß stets zwei Schlitzte haben, da die Verbindung der Winkeleisen nur durch eingelegte Blechstäbe erfolgen kann. Daher wird der Gefammtstofs (Fig. 476) angeordnet. Die Schlitzte haben hier die früher bezeichneten Uebelstände nicht im Gefolge, da alle Winkeleisenflächen zugänglich bleiben.



¹⁰¹⁾ In Fig. 468 bis 478 sind durchlaufende Teile schwarz gekennzeichnet, Laschen schraffiert, gestofsene Teile weiß gelassen.

4) Der **Z**-förmige Querschnitt aus zwei Winkeleisen kann offen mit Stehnieten oder geschlossen mit Heftnieten angeordnet sein. In beiden Formen erhält er am besten Gesamttfoss (Fig. 477 u. 478).

Nach diesen einfachen Beispielen lassen sich auch verwickeltere Querschnitte behandeln. Bei diesen ist noch mehr, als bei den obigen mehrteiligen Querschnitten, die Regel von Wichtigkeit, daß man den Querschnitt für die Berechnung in feine einfachen Teile (Bänder, Platten, Winkelschenkel, Stege und Flansche von **C**-Eisen u. f. w.) zerlegen, für jeden den auf ihn entfallenden Anteil der den ganzen Konstruktions- teil beanspruchenden Kraft ermitteln und auf dieser Grundlage die Verbindung für jeden Teil für sich berechnen soll. Rechnet man für grössere Gruppen von Querschnittsteilen die nötige Stärke der Verbindung im ganzen aus, so wird man meist die Verbindung für einzelne Teile der Gruppe zu stark, für andere zu schwach ausbilden.

Sollen Teile von verschiedener Querschnittsgrösse vereinigt werden, so ist die Verbindung auf den schwächeren einzurichten; denn da kein Teil mehr als die seinem Querschnitte entsprechende Kraft tragen soll, so darf aus einem stärkeren Teile stets nur so viel Kraft an den schwächeren abgegeben werden, als dem Querschnitte des letzteren entspricht, und auf diese Abgabe braucht demnach die Verbindung nur bemessen zu sein.

245.
Verwickeltere
Verlängerungen
dieser Art.

3. Kapitel.

Eckverbindung, Endverbindung und Kreuzung von Eisenteilen.

Die in diesem Kapitel zu besprechenden Verbindungen sind so mannigfaltiger Art, daß nur eine Reihe von Beispielen vorgeführt werden kann.

Die Berechnung dieser Verbindungen erfolgt auf Grund der Regeln, welche in Kap. 1 für Vernietungen, Verschraubungen und Keilverbindungen gegeben wurden.

Niete, welche in der Richtung der Schaftachse gezogen werden, sollen hier, wie bei allen Verbindungen, nach Möglichkeit vermieden werden.

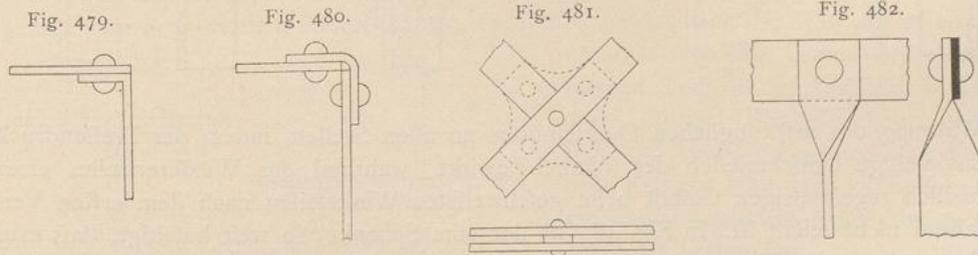
Die nachstehenden Beispiele sind keine feststehenden Formen; die gewählten Anschlüsse können meist auch für eine Reihe anderer Fälle ausgeführt, namentlich können die Niete meist durch Schrauben ersetzt werden.

246.
Uebersicht.

a) Eck- (L-) Verbindungen.

1) Verbindung zweier Flacheisen (Fig. 479 bis 483). Bei der Verbindung in Fig. 479 ist das eine der beiden Flacheisen umgeschmiedet und hierauf mit dem

247.
Flacheisen.



zweiten vernietet; diese häufig angewendete Rahmenverbindung ist gegen Zug nur wenig widerstandsfähig.

In Fig. 480 ist zur Verbindung eine gebogene Lafche aufgelegt, so dass die Innenseite glatt bleibt; soll innen keine Unebenheit vorhanden sein, so müssen die Niete innen verfenkt werden. Die Lafche kann auch innen liegen (vergl. Fig. 494).

Flach liegende Eifen können nach Fig. 481 verbunden werden; soll dabei Drehung um den einen Niet verhindert werden, so füge man zwischen die Flacheifen ein Knotenblech ein, welches das Einsetzen eines zweiten Nietes in jedes Eifen, wie z. B. in Fig. 488 u. 492, gefattet. Werden hochkantig stehende Flacheifen blofs durch Niete verbunden, so wird das Verdrehen des einen oder beider, wie in Fig. 482, erforderlich.

Fig. 483 zeigt die Eckverbindungen eines Klemmbandes für mehrteilige Holzstiele unter Verwendung von Keil- und Schraubenverbindung. Für Keile muss das Band von vornherein entsprechend breit gewählt und verdreht werden; für Schraubengewinde wird das Zusammenschweißen von Flach- und Rundeifen nötig.

248.
Quadrat-
und
Rundeifen.

2) Für Quadrateifen und Rundeifen sind Verbindungsarten in Fig. 484 u. 485 dargestellt, welche auch für T-Verbindungen brauchbar sind. Soll die Ecke glatt sein, so wird man sie durch Umbiegen oder Umschmieden gerader Eifen herstellen.

249.
L-Eifen.

3) Winkeleifen. Eine völlig glatte Ecke (Fig. 486) wird erzielt, wenn man aus dem einen Schenkel ein dem Eckenwinkel entsprechendes Dreieck herauschneidet, den anderen umbiegt und die Fuge wieder zuschweifst. Diese Art der Eckenbildung ist jedoch als Notbehelf anzusehen. Namentlich in englischen Bauanstalten wird sie besser hergestellt, indem man je zwei zu biegende Winkeleifen zugleich heiß macht und nebeneinander legt, so dass ein Querschnitt entsteht, dessen eine Hauptachse in die Richtung des biegenden Druckes fällt. Die Winkel werden dann in ihrem Querschnitte genau entsprechende, nach dem Winkel der herzustellenden Ecke geformte Gufslehren gelegt und unter Wasserdruckpressen gebogen. Die Gufslehren sichern dabei die

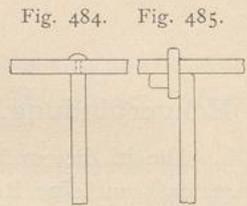
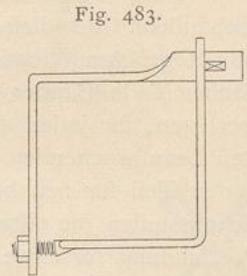


Fig. 486.

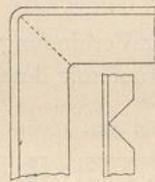


Fig. 487.

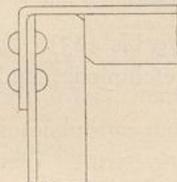


Fig. 488.

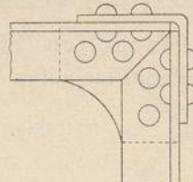


Fig. 489.

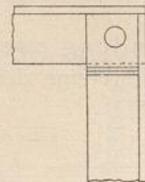
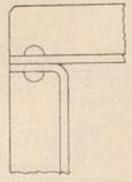


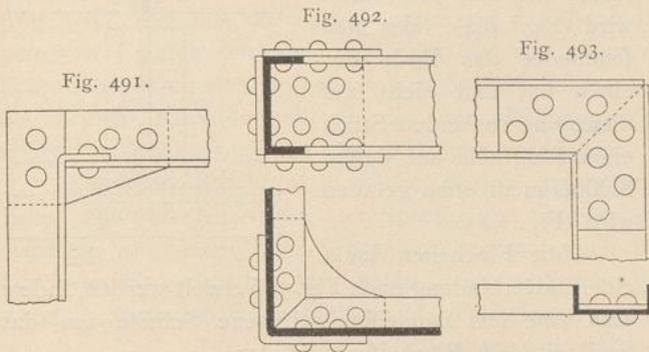
Fig. 490.



Wahrung des ursprünglichen Querschnittes an allen Stellen, indem der Pressendruck das völlige Umschmieden der Winkel bewirkt, während das Wiedererzielen einer leidlich regelmässigen Gestalt beim geschweifsten Winkeleifen nach dem ersten Verfahren nicht leicht ist. In Fig. 487 ist der eine Schenkel so weit beseitigt, dass man den anderen zur Verbindung benutzen kann; diese Verbindung ist aber wenig steif.

Eine bessere Verbindung entsteht durch Lafchung beider Schenkel mit zwei Blechen (Fig. 488), von denen das eine ausgechnitten, das andere umgebogen

werden muß; beide Lascen sind bequemer und besser aufsen als innen anzubringen. Die Verbindung in Fig. 489 bedingt Kröpfung des einen Winkelleisens, wenn beide in einer Ebene liegen sollen, ist übrigens nur zu brauchen, wenn Verdrehungen



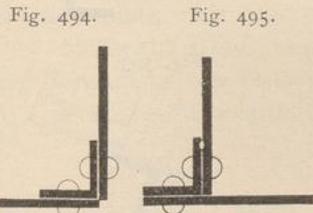
um die Achse des Nietes nicht zu fürchten sind. Fig. 490 ist zu verwenden, wenn ein innen glatter Rahmen gefordert ist, der mit größerer Festigkeit auch nach Fig. 491 gewonnen werden kann, sobald man hier die Nieten innen verfenkt und das Knotenblech ausschneidet.

4) L-Eisen können stehend (Fig. 492) und liegend (Fig. 493) zusammenstoßen. Bei großen Querschnitten verbindet man die Stücke im Stege mittels gebogener Lascen, in den Flanschen durch zwei ausgechnittene Knotenbleche (Fig. 492). Bei kleinen Eisen sind die Flansche oft zum Nieten zu schmal; man muß sich dann mit der Verlaschung des Steges begnügen, welche aufsen oder innen (Fig. 493) oder beiderseits (Fig. 464 S. 181) erfolgen kann.

250.
L-Eisen.

5) I-Eisen sind selten in einer Ecke zu vereinigen. Da die Flansche hier meist noch schmalere sind, so erfolgt die Verbindung durch gebogene Lascen am Stege nach Fig. 507.

251.
I-Eisen.



252.
Bleche.

6) Bleche für Gefäße können in den Ecken nach Fig. 479 verbunden werden. Da diese Verbindung aber schwach ist, so findet man meist Winkelleisen zur Verbindung verwendet, welche im Gefäße (Fig. 494) oder aufsen (Fig. 495) oder beiderseits eingesetzt werden oder die Bleche nach Fig. 480 aufsen umfassen.

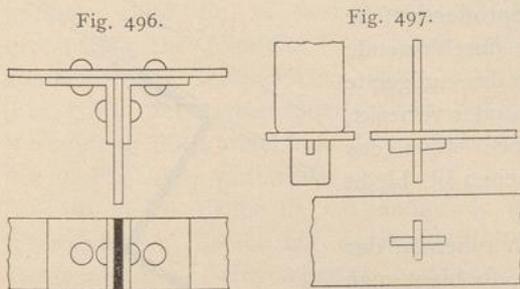
7) Zusammengesetzte Querschnitte kommen in Eckverbindungen nur äußerst selten vor.

253.
Zusammengesetzte Querschnitte.

b) End- (T-) Verbindungen.

1) Flacheisen können, wenn sie flach liegen, mit Füllstück nach Fig. 481 oder ohne ein solches, wenn nötig unter Einfügen eines Knotenbleches, aufeinander genietet werden. Stehen sie hochkantig, so müssen sie erst nach Fig. 482 um 90 Grad verdreht werden. Ohne Verdrehung werden hochkantig stehende Flacheisen durch Winkellascen nach Fig. 496, mittels Lochung und Keil nach Fig. 497 oder auch mit Schraube auf angeschweißstem Rundeisen nach Fig. 483 verbunden.

254.
Flacheisen.



2) Rundeisen und Quadrateisen werden vereinigt, indem man

255.
Rund- u. Quadrateisen.

Fig. 498.

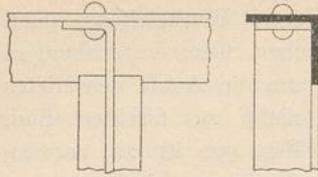
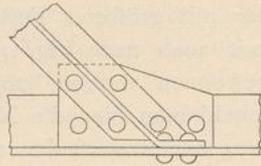


Fig. 500.

256.
T-Eisen.

ein Stück durchbohrt und an das andere einen Stift anfeilt, welcher durchgesteckt und kalt umgenietet wird (Fig. 484); oder man schmiedet das Ende des einen um und zieht auf dieses und das andere Stück einen Ring heiss auf, dessen Schlufs meist offen gelassen wird (Fig. 485).

Mit Flacheisen kann eine Endverbindung nach Fig. 516 erzielt werden, indem man eine aus Bandeisen gebogene Schelle um das

Quadrat- oder Rundeisen legt und mit dem Flacheisen verbolzt.

3) T-Eisen. Man schneide an einem Stücke das Ende des Flansches weg, biege den Steg um und niete oder schraube ihn an den Steg des anderen Eisens; um seitliches Verschieben zu verhindern, wird der Flansch des einen Eisens etwas

in den des anderen eingeklinkt (Fig. 498). Die Verbindung hat ebenfowenig Festigkeit wie die ähnlichen in Fig. 479 u. 487.

Wird grössere Widerstandsfähigkeit, namentlich auf Zug, im angeschlossenen Eisen verlangt, so schneide man die Flansche auf Gehrung zusammen, verbinde sie durch ein Knotenblech und lege noch Winkellafchen zwischen die Stege ein (Fig. 499).

Wird nicht verlangt, dass die Flansche in einer Ebene liegen, so kann man auch den einen auf den anderen legen, erforderlichenfalls unter Einfügen eines Knotenbleches, und die Stege auf eine der obigen Arten vereinigen, wie dies für schiefwinkligen Anschluss in Fig. 500 gezeigt ist.

257.
Sproffeneisen.

4) Sproffeneisen. Da bei Sproffeneisenverbindungen meist ungestörtes Durchführen des Kittfalzes verlangt wird, so schneidet man die Sproffenflansche auf Gehrung ineinander, durchbohrt das durchlaufende Eisen im Auschnitte zweimal und feilt an das endigende entsprechende Stifte an, welche, erhaben oder versenkt, kalt vernietet werden (Fig. 501). Auch wenn das durchlaufende ein halbes (Rand-)Sproffeneisen ist, bleibt die Verbindung dieselbe.

Die T-Sproffen von Deckenlichtern ruhen in der Regel auf Pfetten. Stehen diese lotrecht, so biegt man

Fig. 499.

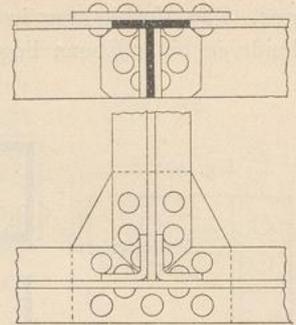


Fig. 502.

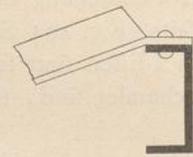


Fig. 503.

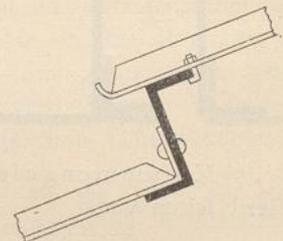
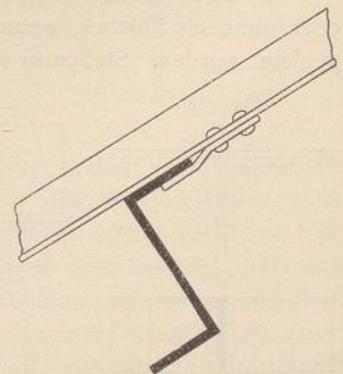
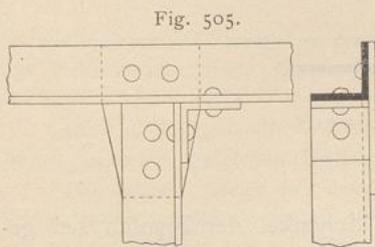


Fig. 504.



meist den Flansch der geneigten Sprosse um, nachdem man den Steg behufs Gewinnung des Platzes zum Nieten oder Verschrauben weggeschnitten hat, und bringt die Sprosse so zu wagrechtem Auflager (Fig. 502). Stehen dagegen die Pfetten rechtwinkelig zur Deckenlichtfläche, so kann man die Sprossen unmittelbar auflagern (Fig. 503); legt sich die Sprosse unten auf die Pfette, so biege man den vom Stege befreiten Flansch um und niete ihn an den Steg der Pfette, oder man ziehe Schrauben durch den Sprossenflansch, welche hakenartig um den der Pfette greifen; bei beiden Anordnungen ist die den Pfettenquerschnitt in unliebfamer Weise schwächende Lochung der Pfettenflansche vermieden.

Befonders beliebt ist in solchen Fällen die Verbindung in Fig. 504 mit Klemmhaken, da das Anbringen der Sprossen im Bauwerke bei ihrer Verwendung kein Arbeiten an Nieten oder Schrauben bedingt, auch die Befestigungsteile, mit den Sprossen fest verbunden, mit diesen in einem Stücke verzinkt werden können. Nur wenn in Ausnahmefällen seitliche Verschiebungen der Sprosse entlang der Pfette zu fürchten sein sollten, ist diese Verbindung nicht zuverlässig.



Vereinigung ohne Verschneiden der Stücke mittels Winkellafche und untergelegten Knotenbleches nach Fig. 505.

6) Kreuzeisen werden mit anderen Teilen dadurch verbunden, daß man zur Gewinnung von Platz für Niete und Schrauben zwei Flansche weggeschnidet und so eine breite Eisenplatte für den Anschluß schafft. Die so entstehende Schwächung ist meist unbedenklich, weil die Kreuzeisen fast nur in leichten Stützen und Steifen zusammengesetzter Träger vorkommen, daher auf Zerknicken berechnet sind und sonach in der Mitte mehr Querschnitt haben müssen, als an den Enden.

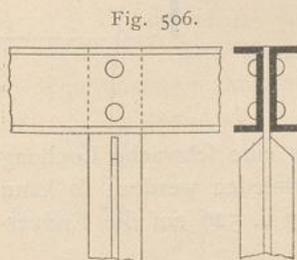


Fig. 506 zeigt den unmittelbaren Anschluß einer solchen +-Steife an die aus zwei E-Eisen mit Schlitz gebildete Gurtung eines Trägers.

7) I- und E-Eisen. Beide können in den Endverbindungen der Regel nach ganz gleich behandelt werden. Sind die zu vereinigenden Teile gleich hoch, so schneide man vom endigenden die Flansche so weit ab, daß man den Steg bis an denjenigen des durchlaufenden heranschieben kann, und verbinde die Stege durch Winkellafchen (Fig. 507). Bei starken Querschnitten mit genügender Flanschbreite kann man diese Verbindung noch wesentlich durch Auflegen von Knotenblechen auf beide Flansche, wie in Fig. 492, verstärken.

In vielen Fällen ist das endigende Eisen das schwächere; man kann dann seinen unteren Flansch auf denjenigen des durchlaufenden lagern, indem man das Herausziehen des eingelagerten durch lange Hakenbolzen nach Fig. 508 verhindert.

258.
L-Eisen.

259.
+-Eisen.

260.
I- u. E-
Eisen.

Die Mittel zum Anlagern dieser Walzträger (Balken) an zusammengesetzte Träger (Unterzüge) zeigt Fig. 509. Der Balken ist mittels doppelter Winkellafche an den Unterzug genietet und ruht außerdem auf einem an die Wand des letzteren

Fig. 507.

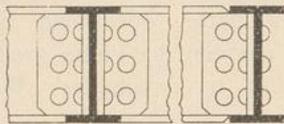


Fig. 509.

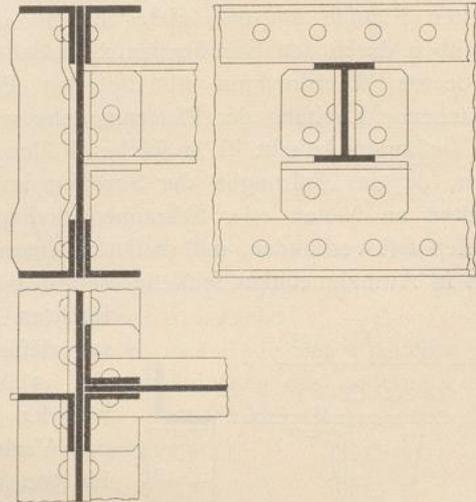
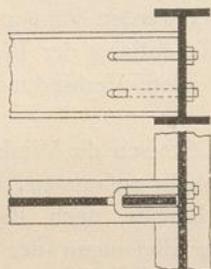


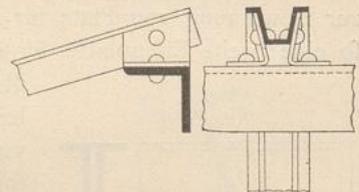
Fig. 508.



gefüzten Winkelabschnitte, mit dessen wagrechtem Schenkel der Flansch bei genügender Breite noch vernietet werden könnte.

Will man dem Balken Spielraum für Wärmebewegungen gewähren, so ersetze man alle in ihn gezogenen Niete durch Schrauben, deren Löcher nach der Richtung seiner Länge länglich geformt werden. Der zusammengesetzte Träger ist in der Anschlussstelle außen durch ein Winkeleisen versteift, damit die schwache Wand nicht unter der Balkenlast einknickt.

Fig. 510.



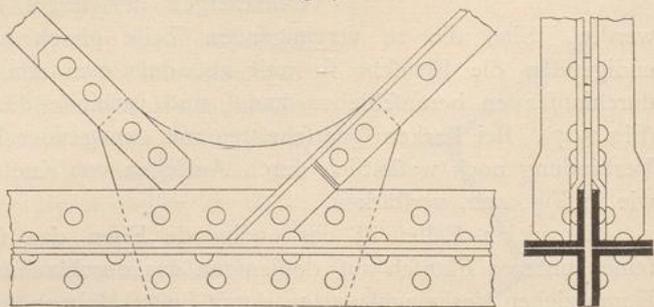
261.
Rinneneisen.

8) Rinneneisen (unter Deckenlichtern) lagern mit ihren Enden auf Pfetten und werden, je nach der Stellung der letzteren, mit gerade oder schief geschnittenen Winkelblechen angeschlossen, wobei allerdings eine schwache Lochung der Pfetten unvermeidlich ist (Fig. 510). Soll letztere vermieden werden, so kann man in geeigneten Fällen auch die Anordnung in Fig. 517 u. 526 auf die Endverbindung übertragen.

262.
Bleche.

9) Bleche werden in Endverbindungen entweder durch Umbiegen des endigenden (Fig. 479) oder besser mittels doppelten (Fig. 496) oder einfachen (Fig. 495) Verbindungswinkels vereinigt.

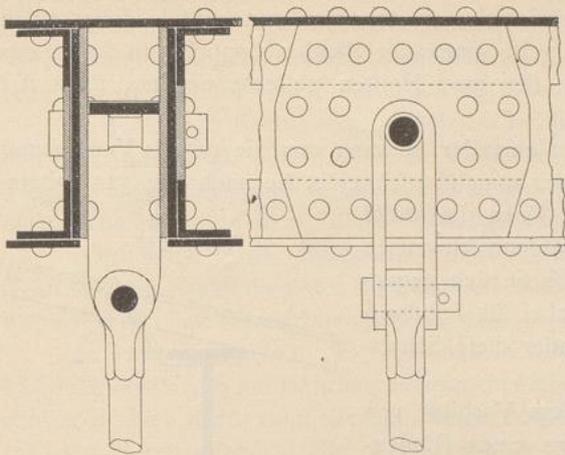
Fig. 511.



263.
Zusammen-
gefüzte
Querschnitte.

10) Zusammengefüzte Querschnitte. Aus der ungemein großen

Fig. 512.



der Steifenwinkel nicht parallel zu der sie veranlassenden Kante der Gurtungswinkel, sondern winkelrecht zum Steifenwinkel gelegt. Das entstehende dreieckige Loch ist mit Blech, Eifenkitt oder Asphalt zu füllen.

In Fig. 512 ist ein Bolzenanschluss eines starken Rundeisens (Hängefange) an einen zusammengesetzten Kastenträger mit durchgehendem Kopfbleche gezeigt.

Der Anschluss erfolgt nach den in Kap. 1 (unter c, Art. 228 bis 231, S. 167 bis 169) gegebenen Regeln; jedoch bestehen die beiden Lafchen hier aus einem halbkreisförmig umgebogenen Bleche, welches sich, genau ausgehobelt und geschmirgelt, auf den in den Wänden des Trägers befestigten Bolzen hängt; dieser ist in der Mitte der Länge eingedreht, so daß an den Enden Arbeitsleisten entstehen, welche die Auflagerflächen des gebogenen Lafchenbleches möglichst dicht an die Stützflächen in den Trägerwänden rücken. Die Biegungsbeanspruchung im Bolzen wird auf diese Weise thunlichst verringert. Um in den Trägerwänden die nötige Lochlaibungslänge zu erhalten, sind sie durch aufgenietete (in Fig. 512 schraffierte) Platten verflärkt.

c) Kreuzungen (+-Verbindungen).

1) Flacheisen. Liegen diese mit oder ohne Zwischenraum flach zu einander, so werden sie ohne weiteres miteinander vernietet, wobei bei Vorhandensein eines Zwischenraumes Stehniete erforderlich sind (Fig. 481); die Ringe der letzteren können

264.
Flacheisen.

zur Verhütung von Verdrehungen nötigenfalls zu Knotenblechen mit fünf Nieten erweitert werden (Fig. 481 gestrichelt), auf denen schließlich unter entsprechender Vermehrung der Niete ein Stoß der Flacheisen erfolgen kann (Fig. 513).

Liegen beide Eisen in derselben Ebene, so wird doppelte Verfläsung mindestens des

Fig. 513.

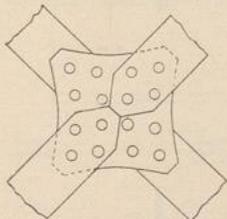


Fig. 514.

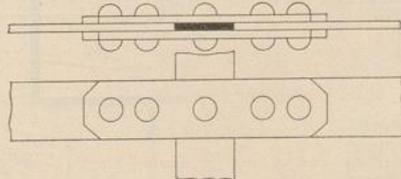


Fig. 516.

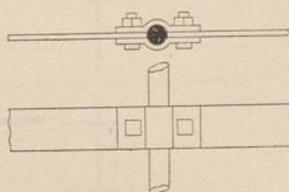
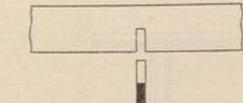


Fig. 515.



einen erforderlich, um das andere durchführen zu können (Fig. 514); auch dabei ist es möglich, die Laschen zu Kreuzlaschen zu erweitern und mittels dieser einen Stofs in jedes der Bänder zu legen. Ist eines der Bänder doppelt, so kann das andere durch einen Schlitz zwischen den zwei Hälften gesteckt werden, nach Art von Fig. 523.

Stehen die Eifen hochkantig zu einander, so kann man sie mittels Verdrehung nach Fig. 482 aufeinander legen, oder man überschneidet sie nach Fig. 515 miteinander; man schneidet aus jedem der Eifen die Hälfte aus, schiebt sie ineinander und kann sie dann schweißen oder kalt so zusammenhämmern, daß sie sich gegenseitig aufeinander festklemmen. Dabei ist selbstverständlich Voraussetzung, daß die Bänder diese Schwächung vertragen können.

Auch die in Fig. 517 nach dem Vorbilde von Fig. 504 dargestellte Ueberkreuzung eines Rinneneisens mit einer I-Pfette ist sehr gebräuchlich. Dabei sind die beiderseits zu verwendenden, von den Rinnenflanken auslaufenden Hafter nicht durch einen unter den Rinnenboden genieteten ersetzt, weil Nietungen im Rinnenboden allgemein unzulässig sind.

265.
Rund- und
Quadrateisen.

2) Rundeisen und Quadrateisen. Hierher gehörige Verbindungen entstehen aus zweifertiger Anordnung der Fig. 485, oder das eine Eisen wird mittels doppelter Schellenlasche um das andere herumgeführt, wie dies in Fig. 516 für

Fig. 517.

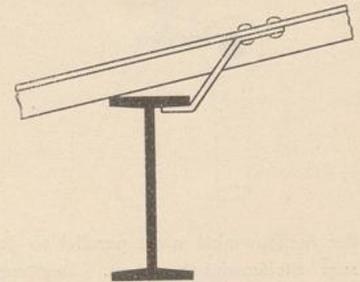


Fig. 518.

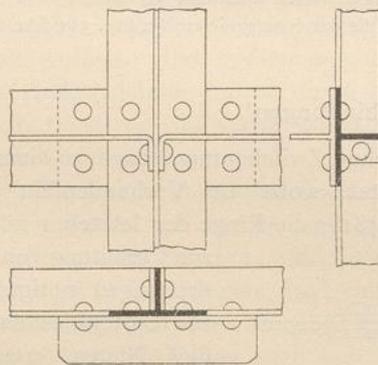


Fig. 519.

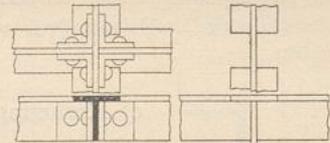


Fig. 520.

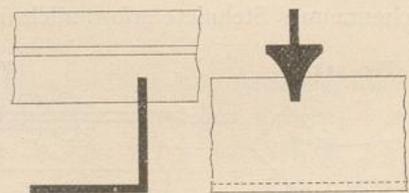


Fig. 521.

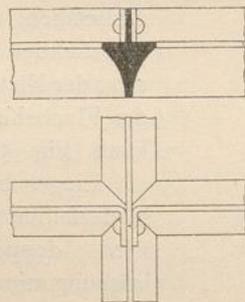
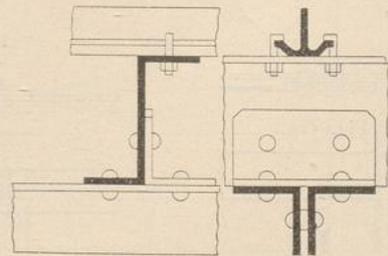


Fig. 522.



Flacheisen und Rundeisen angedeutet ist. Flach liegende Flacheisen werden häufig bei Gitteranordnungen für dünnere Quadrat- und Rundeisen entsprechend gelocht; die Verbindung der durcheinander geschobenen Teile erfolgt dann durch aufgeschweißte oder mit durchgebohrtem Splinte befestigte Ringe.

3) T-Eisen. Kreuzverbindungen aus T-Eisen ergeben sich aus der Verdoppelung von Fig. 498 u. 499. Soll in letzterem Falle die volle Steifigkeit des durchschnittenen T-Eisens hergestellt werden, so kann man auf die Rückseite statt des Knotenbleches einen Abschnitt deselben Eisens aufnieten (Fig. 518).

266.
T-Eisen.

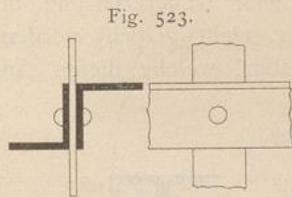
Wird keine große Steifigkeit von der Verbindung verlangt, so kann man die T-Eisen unter Einklinken der Flansche voll miteinander überkreuzen und die Stege mittels Winkelfaschen verbinden (Fig. 519).

4) Sproffeneisen. Bei gewöhnlichen Fenstersproffen werden auch hier die Flansche beiderseits auf Gehrung zusammengeschnitten. Das Vernieten mit angefeilten Stiften ist hier nicht möglich; man biege den Steg um und verniete ihn beiderseits mit dem durchlaufenden (Fig. 521). Soll der Kittfalz ganz frei sein, so hämmert man die zusammengeschnittenen Sproffen, so gut es geht, ineinander. Ueberkreuzt eine Sprosse die Kante eines tragenden Eisens, so feilt man beide etwas aus und hämmert sie zusammen (Fig. 520).

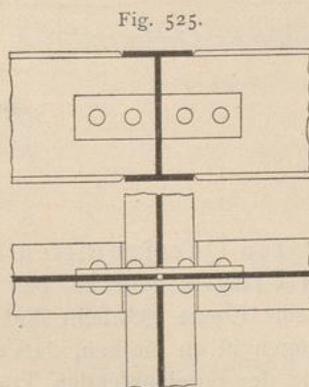
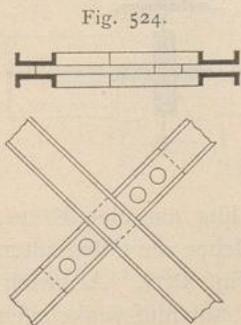
267.
Sproffeneisen.

T-Sproffen mit oder ohne Schweifsrinne werden glatt auf die Pfetten gelagert und, da die Flansche zum Nieten zu schmal sind, mittels Hakenbolzen befestigt (Fig. 522); diese Bolzen werden am Haken vierkantig geformt und in den Rand der Sprosse eingeklinkt, um Verschiebungen zu verhindern. Die in Fig. 504 dargestellte Verbindung ist hier gleichfalls am Platze.

5. Winkeleisen. Auch hier sind die Verbindungen der T-Eisen (Fig. 518 u. 519) auf die Winkeleisen zu übertragen; doch sind Ueberblattungen (wie in Fig. 519) bei stark beanspruchten Teilen wegen der großen Schwächung zu vermeiden.

268.
L-Eisen.

Sehr häufig sind Verbindungen mehrerer Winkel-eisen mit offenem Schlitz mit anderen Teilen, welche sich durch den Schlitz stecken. Als Beispiel zeigt Fig. 523 die Verbindung zweier verstellter Winkeleisen mit einem durchgesteckten Flacheisen. In der Durchkreuzung mehrerer solcher Querschnitte kann dann ein Knotenblech in den Schlitz geschoben werden, mittels dessen alle zugleich gestossen und verbunden werden.



6) I- und C-Eisen. Fig. 524 zeigt die Kreuzung zweier Glieder, welche aus flach liegenden, kleinen C-Eisen mit offenem Schlitz bestehen; durch den Schlitz des durchlaufenden ist ein Lafchenblech gesteckt, welches die Enden des durchschnittenen verbindet. Bei gleich hohen I-Eisen schneide man auch hier an den Enden des durchschnittenen Eisens die Flansche weg, schiebe die Stege

269.
I. u. C-
Eisen.

aneinander und verlafche sie dann, und zwar statt mittels Winkellafchen (wie in Fig. 507) mittels durchgesteckter Flachlafchen (Fig. 525).

Da meistens verlangt wird, daß die Enden des durchschnittenen Eisens fest auf den Flanschen des durchlaufenden ruhen, so ist es zweckmäßig, zwischen letztere und die eingefschobenen Stegenden nach Anbringen der Lafchen kleine Keile aus Blechabfällen einzuschlagen.

Auch die Verbindung in Fig. 508 mit Hakenbolzen kann hier unter Verdoppelung verwendet werden, wenn man die Bolzen so weit schräg biegt, daß die Muttern nicht mit den Stegen der aufgelagerten Querschnitte in Berührung kommen.

Die Verbindung der durchschnittenen Teile mittels durchgesteckter Lafchen nach Fig. 525 kann auch auf Anordnungen nach Fig. 509 zum Erfatze der Winkellafchen ohne weiteres übertragen werden.

270.
Rinneneisen.

7) Rinneneisen überkreuzen sich mit Pfetten von I- oder E-, bzw. Z-förmigem Querschnitte. Im ersteren Falle ist die Verbindung mit gebogenen Blechen nach Fig. 510 unter Lochung des Pfettenflansches zu wählen; bei den letzteren Querschnitten ist die bessere Verbindung mittels schwacher, an den Pfettensteg genietet L-Eisen ausführbar (Fig. 526). Auch die die Lochung vermeidende Verbindung mit Klemmhaken von den Flanschen des Rinneneisens aus (Fig. 517) ist hier am Platze.

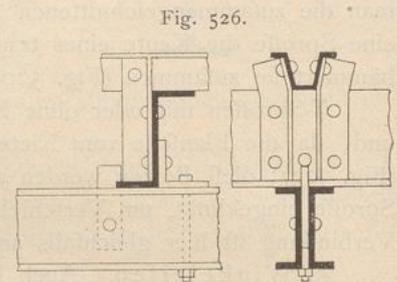


Fig. 526.

271.
Z-Eisen.

8) Z-Eisen, welche mit besonderer Vorliebe für durchgehende Gelenkpfetten verwendet werden, überkreuzen sich daher häufig mit den oberen Gurtungen von Dachstühlen, dürfen aber in dieser Ueberkreuzung im Flansch, wegen des hier wirkenden Momentenhöchstwertes, nicht gelocht werden. Das Befestigen auf einer oberen Gurtung aus zwei E-Eisen, welche diesen Anforderungen genügt, zeigt Fig. 526, in welcher bei sehr sicherer Verbindung Lochungen nur im Pfettensteg vorhanden sind.

E-förmige Querschnitte werden für Pfetten in ganz gleicher Weise verwendet und befestigt.

272.
Bleche etc.

9) Bleche werden in +-Verbindungen mittels vier Winkeln in den Ecken verbunden (Verdoppelung von Fig. 496).

10) Von zusammengesetzten Querschnitten ist hier nur eine Kreuzverbindung von zusammengesetzten I-Trägern gegeben, bei welcher die Oberkanten aller Teile durch Kröpfungen in eine Ebene gebracht sind (Fig. 527). Als wichtigste Regel für derartige Verbindungen ist zu merken, daß die Anschlußwinkeleisen sich jedenfalls über die ganze Höhe des durchlaufenden Trägers erstrecken müssen;

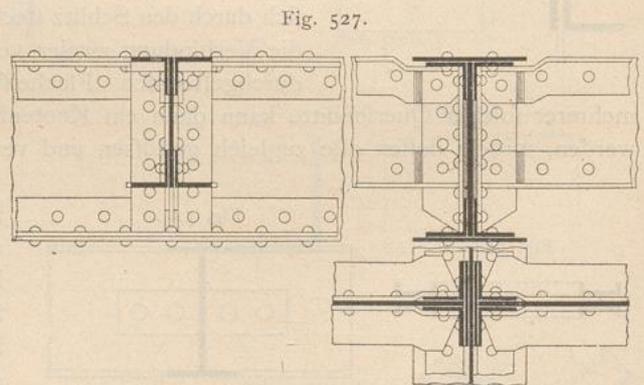


Fig. 527.

die Kröpfung dieser Anschlußwinkel über die Gurtungswinkel des durchlaufenden Trägers ist dadurch vermieden, daß zwischen letztere erst (in der Ansicht schraffierte) Füllbleche von gleicher Stärke eingelegt sind. Die L-Eisen der angeschlossenen Trägerenden werden auf die Anschlußwinkel heraufgekröpft.

4. Kapitel.

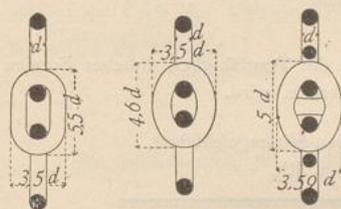
Ketten und Drahtseile.

a) Ketten.

Die Ketten bestehen aus einzelnen Gliedern, welche aus Rundeisen oder aus Flacheisen (Gall'sche Gliederkette) hergestellt sein können. Im ersteren Falle werden die Glieder offen ineinander geschoben und dann bei der Ringkette (Fig. 528 bis 530) zugeschweißt, bei der Hakenkette (Vaucanson'sche Kette, Fig. 531) offen gelassen. Die Glieder der Ringkette können lang (deutsche Kette, Fig. 528) oder kurz (englische Kette, Fig. 529) ausgebildet sein und werden bei schweren Ketten durch Einsetzen eines Mittelsteiges (Stegkette oder Kettentaue, Fig. 530) wesentlich verstärkt.

273.
Verschiedenheit.

Fig. 528. Fig. 529. Fig. 530.



(deutsche Kette, Fig. 528) oder kurz (englische Kette, Fig. 529) ausgebildet sein und werden bei schweren Ketten durch Einsetzen eines Mittelsteiges (Stegkette oder Kettentaue, Fig. 530) wesentlich verstärkt.

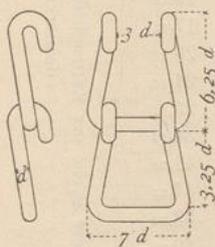
Als endgültige Konstruktionsteile kommen Ketten im Hochbauwesen fast gar nicht zur Anwendung; sie werden hauptsächlich bei Bauausführungen benutzt und dann fast nur die aus Rundeisen hergestellten Gliederketten, weshalb auch bloß diese eine kurze Besprechung erfahren.

Als endgültige Konstruktionsteile kommen Ketten im Hochbauwesen fast gar nicht zur Anwendung; sie werden hauptsächlich bei Bauausführungen benutzt und dann fast nur die aus Rundeisen hergestellten Gliederketten, weshalb auch bloß diese eine kurze Besprechung erfahren.

Die Tragfähigkeit der Rundeisengliederketten (Fig. 528 u. 529) ist nach angefertigten Versuchen gleich dem $\frac{11}{9}$ -fachen der Tragfähigkeit des einfachen Rundeisens, aus welchem die Kette angefertigt ist. Wird bei 4-facher Sicherheit die zulässige Anstrengung des besonders guten Ketteneisens auf 1000 kg für 1 cm angesetzt, so ergibt sich der der Last P entsprechende Eisendurchmesser d aus:

274.
Tragfähigkeit.

Fig. 531.



$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 \frac{11}{9} = P \text{ mit } d = 0,032 \sqrt{P} \text{ Centim. } 179.$$

Werden die Kettenglieder oder Schaken durch Mittelsteige verstärkt (Fig. 530), so kann die Anstrengung auf das $\frac{4}{3}$ -fache gesteigert werden; der Durchmesser d folgt für diesen Fall aus

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 \frac{4}{3} \cdot \frac{11}{9} = P \text{ mit } d = 0,028 \sqrt{P} \text{ Centim. } \dots 180.$$

Die einfache Kette z. B. eines Kranes für 15 t Tragkraft muß also aus Eisen von $d = 0,028 \sqrt{15000} = \text{rund } 3,5 \text{ cm}$ bestehen, wenn die Glieder Stege haben, und umgekehrt darf man ein Kettentaue aus Rundeisen von 2,3 cm Durchmesser nur mit

$$P = \left(\frac{2,3}{0,028} \right)^2 = \text{rund } 6740 \text{ kg}$$

belasten.

Ist die Belastung eine völlig ruhende und unveränderliche, so kann die Beanspruchung bis auf das 1,8-fache der obigen Angaben gesteigert werden. Die Gleichungen lauten dann:

$$d = 0,024 \sqrt{P} \text{ Centim. für gewöhnliche Ketten und } \dots \dots \dots 181.$$

$$d = 0,021 \sqrt{P} \quad \text{» für Stegketten } \dots \dots \dots 182.$$

Zur Haltbarkeit der Ketten trägt die zweckmäßige Gestaltung der Windentrommeln sehr erheblich bei; die meisten Kettenbrüche entstehen durch zu schnelle Abnutzung bestimmter Stellen der Kettenglieder auf der Trommel oder dadurch, daß sich ein beim Einlaufen in die Winde übergeschlagen gebliebenes Glied nachher unter neuer Last ruckweise wieder gerade stellt und unter dem so entstehenden Stöße bricht.

Um diese Uebelstände thunlichst zu vermeiden, sollen die Kettentrommeln der Winden so genutt fein, daß die Ebenen der einzelnen Kettenglieder bei dem einen rechtwinkelig zur Trommelachse stehen, beim nächsten im Trommelumfang liegen. Die Trommelnuten haben dann die Eisenstärke der Glieder als Breite, und man kann die Kette darauf bei einiger Sorgfalt mehrere Male aufeinander legen. Bei breiten, flachen Trommelnuten kommen alle Kettenglieder unter 45 Grad zur Trommelachse zu stehen, was für die Führung und Erhaltung der Kette erheblich ungünstiger ist.

Die Gewichte der Ketten aus Rundeisen betragen, wenn d den Durchmesser (in Centim.) angiebt, für 1 lauf. Meter etwa:

- für weite Gliederketten $1,92 d^2$ Kilogr.;
- » enge Gliederketten ohne Stege $2,33 d^2$ Kilogr.;
- » Stegketten (Kettentaue) $2,46 d^2$ Kilogr., und
- » Hakenketten $3,76 d^2$ Kilogr.

Die nachfolgende Zusammenstellung zeigt die Abmessungen und die Tragfähigkeit üblicher Formen der engen (englischen) Kette, welche bei Bauarbeiten vorwiegend verwendet wird.

Kurzgliederige Ketten der Duisburger Maschinenbau-Aktiengesellschaft, vormals *Bechem & Keetmann* in Duisburg a. Rh.

Ketteneisenstärke	Zulässige Belastung	Ungefähres Gewicht auf 1 m	Ketteneisenstärke	Zulässige Belastung	Ungefähres Gewicht auf 1 m
5	250	0,58	20	4 000	8,98
6	360	0,81	22	4 840	10,87
7	490	1,10	24	5 760	12,94
8	640	1,44	26	6 760	15,18
9	810	1,82	28	7 840	17,61
10	1000	2,25	30	9 000	20,22
11	1210	2,72	33	10 890	24,46
12	1440	3,24	36	12 960	29,11
13	1690	3,80	39	15 210	34,16
14	1960	4,41	43	18 490	41,53
15	2250	5,06	46	21 160	47,53
16	2560	5,75	49	24 010	53,82
18	3240	7,28	52	27 040	60,73

Innere Länge (Baulänge) der Kettenglieder = $2\frac{1}{2}$ -fache Ketteneisenstärke.

Äußere Breite der Kettenglieder = $3\frac{1}{2}$ -fache Ketteneisenstärke.

b) Drahtfeile.

276. Verschiedenheit.

Drahtfeile werden als Litzenfeile, als flache Bänder aus Litzen und als Kabelfeile angefertigt.

Die Litzenfeile bestehen der Regel nach aus 7 Litzen, von denen jedoch die innere durch eine Hanffeele gebildet wird. Jede der äußeren 6 Litzen besteht

entweder aus 6 Drähten und dünner Hanffeele oder aus 7 Drähten, so das normale Litzenfeile entweder $6 \times 6 = 36$ oder $6 \times 7 = 42$ Drähte enthalten. Schwache Seile werden wohl ohne Seele aus 4 fechsdrätigen Litzen zusammengedreht und enthalten dann $6 \times 4 = 24$ Drähte. Der äußere Durchmesser d eines aus 36 Drähten bestehenden Seiles beträgt fast genau 8 Drahtdurchmesser δ , so das $d = 8 \delta$.

Die Bandfeile können sehr verschiedene Zahlen von Drähten enthalten; gewöhnlich werden sie aus 6 Strähnen von je 24 Drähten geflochten, enthalten daher in diesem Falle $6 \times 24 = 144$ Drähte.

Die Kabelfeile werden nur zum Teile oder gar nicht aus Litzen gedreht, sondern aus einzelnen Drähten zusammengesetzt. Die Verschiedenheit der Drahtanzahlen ist also hier eine weitgehende.

Außerdem kommen, namentlich bei Verwendung des spröden Stahldrahtes, ungedrehte Seile zum Teile mit besonderen Querschnittsformen der Bestandteile vor, welche jedoch nur für große Tragkonstruktionen (Kabelbrücken) Bedeutung haben; für Bauarbeiten werden sie nicht verwendet.

Die Festigkeit des besten hier verwendeten Holzkohleneisens beträgt 5000 kg für 1 qcm, welche durch das Drehen des Drahtes in schlanken Windungen nur wenig beeinträchtigt wird. Sollen die Seile also 5-fache Sicherheit haben, so dürfen sie mit 1000 kg für 1 qcm beansprucht werden.

Bezeichnen δ den Drahtdurchmesser, n die Anzahl der Drähte, P die zu tragende Last (in Kilogr.) und s' die zulässige Beanspruchung (in Kilogr. für 1 qcm), so muß stattfinden

$$n \frac{\delta^2 \pi}{4} s' = P \quad \text{und} \quad \delta = \sqrt{\frac{4 P}{n \pi s'}} \quad \dots \dots \dots 183.$$

Bei 1000 kg zulässiger Beanspruchung ergibt sich danach:

$$\begin{aligned} \text{für Seile mit 36 Drähten } \delta &= 0,006 \sqrt{P} \text{ Centim.,} \\ \text{» » » 42 » } \delta &= 0,0055 \sqrt{P} \text{ Centim.} \end{aligned}$$

Für ein Seil, welches 2500 kg tragen und aus 42 Drähten bestehen soll, muß also

$$\delta = 0,0055 \sqrt{2500} = 0,275 \text{ cm}$$

gewählt werden.

Bei Verwendung von Gußstahl-Drahtfeilen kann die zulässige Beanspruchung bei 5-facher Sicherheit auf 2000 kg für 1 qcm gesteigert werden; die obigen Formeln nehmen für diesen Fall die Form an:

$$\begin{aligned} \text{für Seile mit 36 Drähten } \delta &= 0,0043 \sqrt{P} \text{ Centim.,} \\ \text{» » » 42 » } \delta &= 0,0039 \sqrt{P} \text{ Centim.} \end{aligned}$$

Für kleinere Lasten werden der Regel nach Litzenfeile, für schwerere Bandfeile oder auch Kabelfeile verwendet, für welche die obige allgemeine Formel

$$\delta = \sqrt{\frac{4 P}{n \pi s'}} \quad \text{unter mehr willkürlicher Annahme von } n \text{ gültig bleibt.}$$

Der Verschleiß der Drahtfeile ist erheblich und ist bei der Berechnung in Rücksicht zu ziehen, da die in neuem Zustande eben genügend starken Seile bald zu schwach werden; übermäßig starke Seile sind andererseits zu teuer; man darf daher in der Verstärkung nicht zu weit gehen. Die sparsamsten Seile sind etwa die für den Zustand der Neuheit mit 10-facher Sicherheit, d. h. mit $s' = 500$ kg auf 1 qcm für Eifendraht und $s' = 1000$ kg auf 1 qcm für Stahldraht berechneten.

Gebräuchliche Abmessungen von Drahtfeilen aus bestem Schweisseisen giebt die nachfolgende Tabelle.

277.
Berechnung.

Drahtseile aus gehämmertem Holzkohleneisen
von Felten & Guillaume in Köln.

Litzenseile					Bandseile						Kabelseile				
d	n	δ	G	G_1	b	d	n	δ	G	G_1	d	n	δ	G	G_1
7	24	0,9	0,21	1 200	40	8	144	0,9	1,07	3 600	30	114	1,9	3,20	13 000
8	36	0,9	0,32	1 800	55	11	144	1,2	1,60	7 200	33	133	1,9	4,00	15 000
10	42	0,9	0,38	2 100	65	13	120	1,5	2,66	13 000	35	84	2,5	4,00	16 800
11	36	1,2	0,48	2 500	75	16	144	1,5	3,50	16 000	40	114	2,5	5,90	23 000
13	42	1,2	0,58	3 000	90	16	168	1,5	4,10	18 500	43	133	2,5	6,72	26 000
15	36	1,5	0,75	4 200	75	14	120	1,9	3,68	21 000	45	234	1,7	6,90	24 000
16	42	1,5	0,85	5 000	80	17	144	1,9	4,25	25 000	48	152	2,5	7,84	30 000
18	36	1,9	1,07	6 300	100	20	168	1,9	5,10	29 000	50	294	1,9	9,00	34 000
20	42	1,9	1,28	7 400	110	20	196	1,9	5,84	34 000	50	133	3,1	9,30	40 000
22	49	1,9	1,53	8 600	125	20	224	1,9	6,67	39 000	60	234	2,3	11,50	39 000
23	36	2,5	1,70	11 000	135	22	256	1,9	8,00	45 000	60	133	3,5	12,00	50 000
25	42	2,5	2,13	12 600	130	23	168	2,5	7,97	50 000	65	294	2,3	13,90	50 000
25	84	1,9	2,40	14 700	150	23	196	2,5	9,30	58 800	65	152	3,5	13,90	57 000
28	42	2,7	2,40	14 700	170	23	224	2,5	10,70	67 000	72	294	2,5	16,00	58 000
30	36	3,1	2,55	16 200	175	28	256	2,5	14,50	77 000	75	294	2,7	17,60	68 000

d = Durchmesser
bezw.
 δ = Dicke
 b = Breite

des Seiles.

δ = Durchmesser der Drähte,
 n = Zahl der Drähte,
 G = Gewicht für 1 Lauf. Meter,
 G_1 = Bruchbelastung.

Millim.

Kilogr.

Millim.

5. Kapitel.

A n k e r.

278.
Verschieden-
heit.

Anker kommen im Hochbau als Steinanker, als Balkenanker, als Anker zur Uebertragung von Zugspannungen in größeren Holzgespärren (Dachverbänden), als Anker zur Aufhebung der Schübe von Wölbungen und als Fundamentanker vor, um namentlich Eifenteile mit gemauerten Fundamenten in feste Verbindung zu bringen. Von den Steinankern war bereits in Abschn. I (Art. 105, S. 87) die Rede, so daß diese hier nicht weiter in Betracht kommen.

279.
Balkenanker.

Balkenanker bringen die Balkenköpfe einer Balkenlage mit den die Balken tragenden Außenwänden in Verbindung. Sie haben nur den Zweck, zufällige Verdrückungen und Ausbauchungen mittels der Zugfestigkeit der durchlaufenden Balken zu verhindern, werden also nicht durch genau anzugebende Kräfte beansprucht und können daher nicht berechnet werden.

Sie bestehen meist aus Flacheisen, feltener aus Rundeisen, werden an dem einen Ende an der Seitenflanke oder Unterfläche der Balken mit angeschmiedeter Spitze, übergeschlagenem Krampen oder durchgezogenem Schraubenbolzen und Druckplättchen befestigt und tragen am anderen Ende ein Auge, durch welches ein aufsen vorspringender oder in das Mauerwerk eingelassener Splint (Fig. 532) gesteckt wird. Der Splint ist der die Mauer haltende Teil, soll daher eine größere Zahl von Mauerfichten fassen, muß also lotrecht gestellt und mindestens 40^{cm} lang sein. Er hat als Träger unter dem gleichmäßigen Drucke des Mauerwerkes als Last

und dem Zuge des Ankerauges als Auflager zu wirken, erhält daher einen hochkantig zur Mauer stehenden, rechteckigen Querschnitt. Beispiele solcher Anker geben Fig. 532 bis 535.

Die bei Verankerung ganzer Balkenlagen in Reihen auftretenden Ankerplinte können zur Herstellung von Namen oder Jahreszahlen benutzt werden, indem man jedem Splinte die Form eines Buchstabens (Fig. 536 u. 545) oder einer Ziffer (Fig. 539 u. 543) giebt; indes haben die Splinte auch anderweitige Durchbildungen erfahren (Fig. 537, 538, 540, 541, 542 u. 544).

Bestehen die Anker aus Rundeisen, so ersetzt man die Splinte gern durch Muttern mit großen gusseisernen Druckplatten (Fig. 535).

Zuganker in Holzkonstruktionen bilden den Ersatz für Zugübertragende Hölzer, wie Zangen und Hängesäulen, oder bilden die eine Schar (Pfoften oder Diagonalen) in hölzernen Fachwerkträgern (vergl. den vorhergehenden Abschnitt, Art. 163, S. 120).

Sie bestehen fast ausnahmslos aus Rundeisen und werden an den Enden mittels Mutter und Gewinde oder mittels runden Auges und durchgesteckten Bolzens an den Holzteilen befestigt. Bei diesen Befestigungen ist besonders darauf Bedacht zu

nehmen, daß für die Uebertragung der Kräfte auf die Holzteile hinreichend große Druckflächen entstehen; die Muttern erhalten zu diesem Zwecke entsprechende große und starke Unterlegscheiben, die durchgesteckten Bolzen im Holze Druckplättchen (Fig. 535).

Man fügt derartige Anker meift zu dem Zwecke in die Holz-

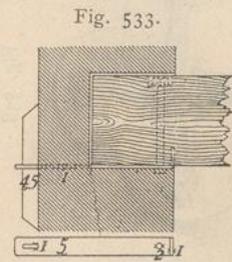


Fig. 533.

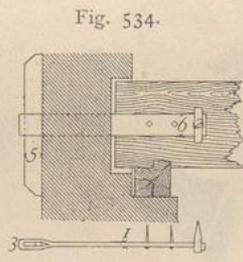


Fig. 534.

konstruktionen ein, um diese in Spannung bringen zu können, bevor sie ihre volle Belastung erhalten. Erfolgt die Befestigung mittels Gewinde und Muttern an den Enden, so ist dies durch scharfes Anziehen der Muttern ohne weiteres möglich.

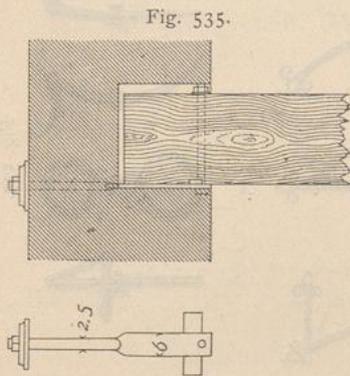


Fig. 535.

Ist die Befestigung aber mittels durchgesteckter Bolzen erfolgt, so schneidet man den Anker mitten durch und verbindet die Enden mittels eines Spannschlusses (siehe Fig. 462, S. 180) oder mittels doppelter Verlaschung angeschweifster Augen nach Fig. 443 oder 444 (S. 168, bezw. 169), indem man statt des Bolzens einen Doppelkeil einsetzt und das Auge, seiner Länge entsprechend, verlängert. Da selbst scharf gespannte wagrechte Anker bei großer Länge erheblich durchhängen, so hängt man sie mittels starker Drähte oder schwacher Rundeisen an den übrigen Konstruktionsteilen auf.

280.
Anker in
Holzkonstruk-
tionen.

BALKENANKER.

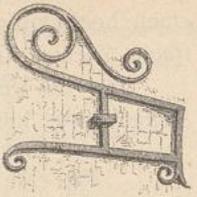


Fig. 536.

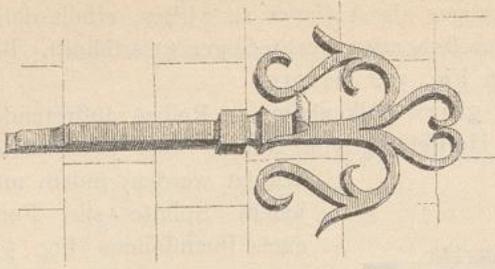


Fig. 540.

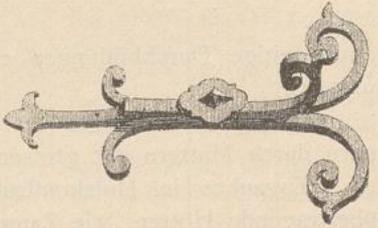


Fig. 537.

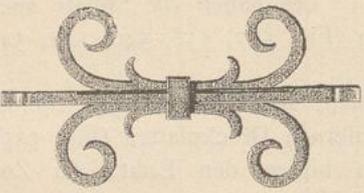


Fig. 541.

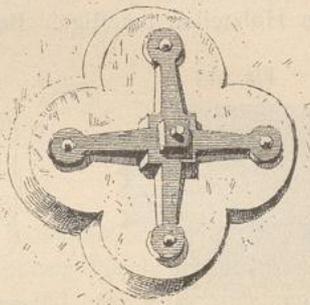


Fig. 538.

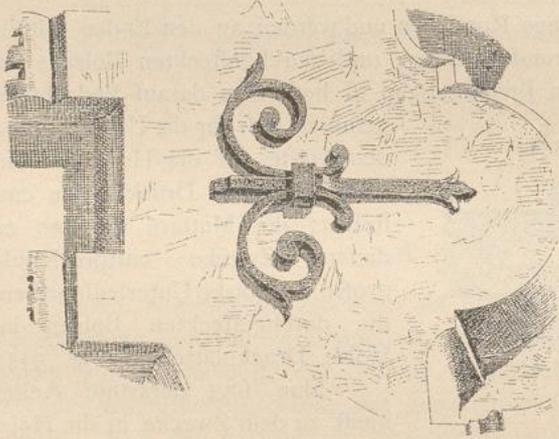


Fig. 542.

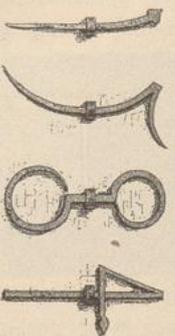


Fig. 539.

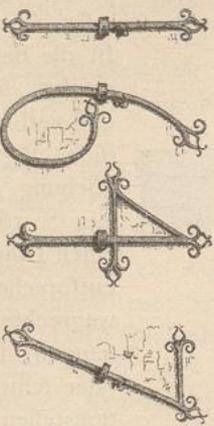


Fig. 543.

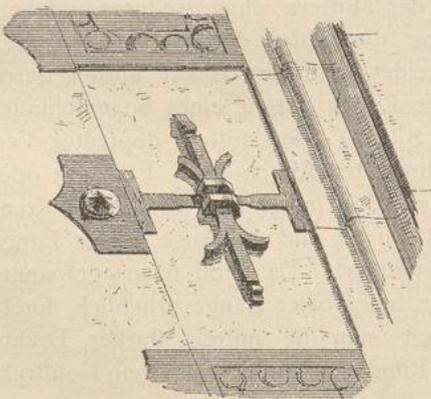
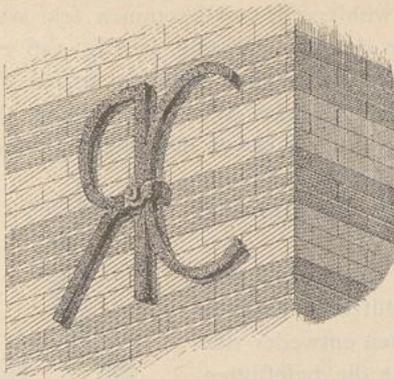


Fig. 544.

Fig. 545.

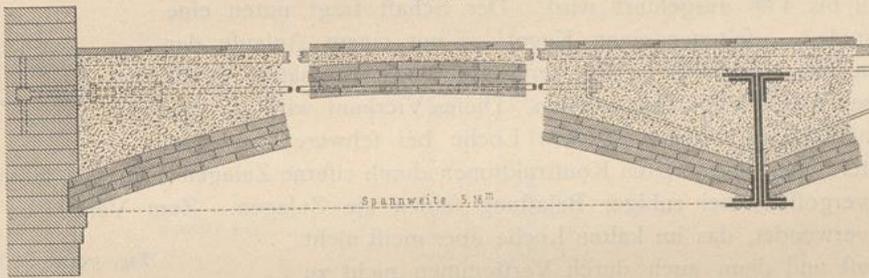


287.
Gewölbe-
anker.

Anker für Wölbkonstruktionen haben den Zweck, den Schub der Wölbungen aufzuheben, wenn nicht hinreichend starke Widerlager vorhanden sind. Wird der Schub von einzelnen schmalen Bogen erzeugt, so ordne man an der Außenseite jeder Widerlagsmauer in Kämpferhöhe einen durchlaufenden Träger an und verbinde diese beiden Träger in solchen Abständen durch Zuganker, daß zwischen je zweien derselben der durchweg gleichmäßig wirkende Gewölbefschub durch die Träger aufgenommen und auf die Anker übertragen werden kann.

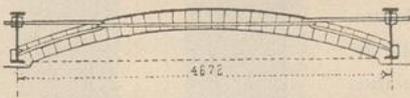
Der Querschnitt solcher Anker ist regelmäßig rund, nur selten, wenn der Anker ganz im Mauerwerke liegt oder den Anschluß anderer Teile gestatten soll, flach und an den Enden in den Kreis über-

Fig. 546.



geführt. Von solchen Anker wird noch in Band III, Heft 3, b (Abt. III, Abchn. 2, B: Gewölbte Decken) dieses »Handbuches« eingehend die Rede sein.

Fig. 547.



Bezüglich der Verankerung von Gewölbem ist besonders hervorzuheben, daß die sehr weit verbreitete Auflösung eines behufs Deckung gegen Feuer über den Gewölbescheitel gelegten Ankers in Enddreiecke, wie sie beispielsweise in Fig. 546 u. 547 dargestellt

ist, als statisch verfehlt bezeichnet werden muß, wenn der gerade Mittelteil des Ankers nicht in den Spitzen zweier wenigstens annähernd gleichschenkeliger Dreiecke nach Fig. 548 angreift. Meist ist für diese Enddreiecke nach oben hin kein Platz;

Fig. 548.

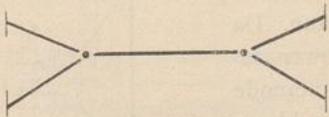
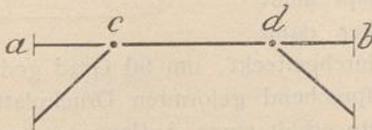


Fig. 549.



deshalb wird die Anordnung nach Fig. 546, 547 u. 549 gestaltet. Dabei sind die beiden schrägen Ankerzweige nutzlos; denn sie können nach den Gleichgewichtsgesetzen an der Kraftaufnahme nicht teilnehmen. Ein einfacher geradlinig zwischen *a* und *b* geführter Anker leistet dieselben Dienste. Um die schrägen Zweige zur Wirkung zu bringen, müßte man sie durch künstliche Anspannung in Spannung versetzen. Dann

würden aber die lotrechten Seitenkräfte ihrer Spannkkräfte bei d und c als Lasten auf die Wölbung übertragen, was in den meisten Fällen wohl recht unwillkommen sein wird.

Die aus Bandeisen gebogenen Ankerstücke der Verankerung in Fig. 546 entsprechen mit dem Anschlußpunkte des wagrechten Ankerteiles und den beiden Verbindungspunkten mit dem Kämpferträger den Dreiecken der Anordnung in Fig. 548. Da aber der mittlere Teil der Richtung nach nur sehr wenig von der oberen Dreiecksseite abweicht, so überträgt diese fast die ganze Ankerkraft, und der Unterteil des Dreieckes beteiligt sich nur sehr wenig an der Aufnahme.

282.
Fundament-
anker.

Fundament- oder Grundanker dienen meist zur Befestigung von Metallteilen (z. B. Säulen, anderen Freistützen, Statuen u. f. w.) auf gemauerten Unterstützungen und haben entweder nur zufällige Verschiebungen zu verhindern oder aber die befestigten Teile vor dem Umsturze unter dem Einflusse seitlich wirkender Kräfte, namentlich des Widerdruckes, zu bewahren.

1) Sollen nur zufällige Verschiebungen verhütet werden, so genügt die Steinschraube (Fig. 550), welche in Durchmessern von 2 bis 4 cm ausgeführt wird. Der Schaft trägt unten eine Pyramide — feltener einen Kegel — mit einem Anlaufe der Seiten von 1 : 15 bis 1 : 10, deren Kanten zweckmäfsig durch Meißelschläge aufgeraut werden. Dieses Vierkant wird in dem gleichfalls nach oben verengten Loche bei schweren und Erschütterungen ausgesetzten Konstruktionen durch eiserne Zulagen (Fig. 550) festgestellt und vergossen; bei ruhiger Belastung fehlen die Zulagen. Zum Vergiessen wird Blei verwendet, das im kalten Loche aber meist nicht ausläuft und dann auch durch Verstemmen nicht zu dichtem Schlusse zu bringen ist; man zieht daher jetzt meist guten Zement für diesen Zweck vor. Für kleine spannungslose Steinschrauben wird auch geschmolzener Schwefel zum Vergiessen verwendet. Die Tiefe des Eingriffes beträgt für die kleinsten Bolzen etwa 6 cm, steigt für die stärksten nicht über 40 cm.

2) Haben die Anker Lasten zu tragen, wie dies z. B. bei Verankerungen gegen Winddruck immer der Fall ist, so müssen sie eine ihrer Last entsprechende Menge Mauerwerk fassen, daher ihr Auflager mittels Splint oder Mutter auf einer Druckplatte finden, welche behufs Fassens großer Mauermassen durch mehrere Anker in einen Träger übergehen kann. Da diese im Mauerwerke steckenden Platten schwer zugänglich sind, so bringt man am oberen Ankerende ein Spannschloß an. Häufig kann man die in kleine Nischen eingemauerten Druckplatten überhaupt nicht zugänglich erhalten; man giebt dem Anker dann einen rechteckigen Kopf, welcher zu tief durchgesteckt, um 90 Grad gedreht und wieder angezogen den Anker in der entsprechend geformten Druckplatte unabänderlich festlegt (Fig. 551). Die Druckplatte erhält einen Auflagerquader.

Fig. 550.

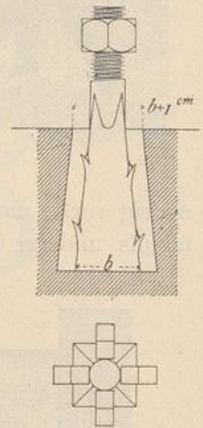


Fig. 551.

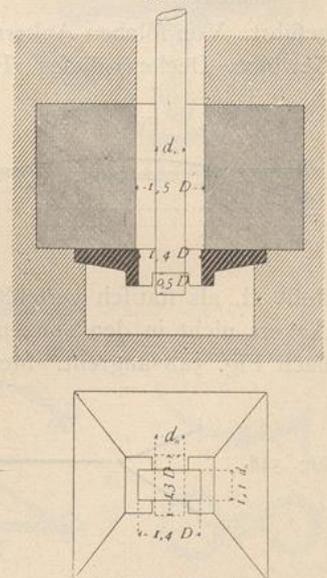


Fig. 552.

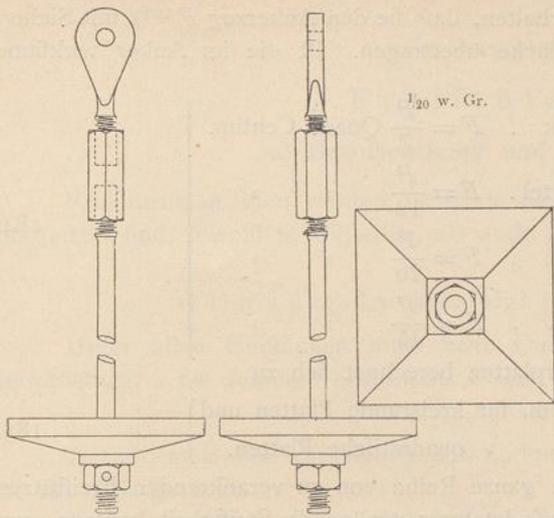


Fig. 553.

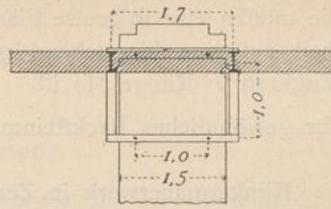


Fig. 554.

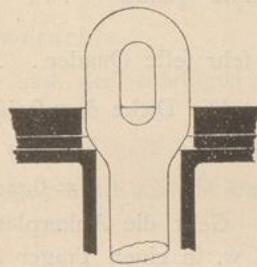
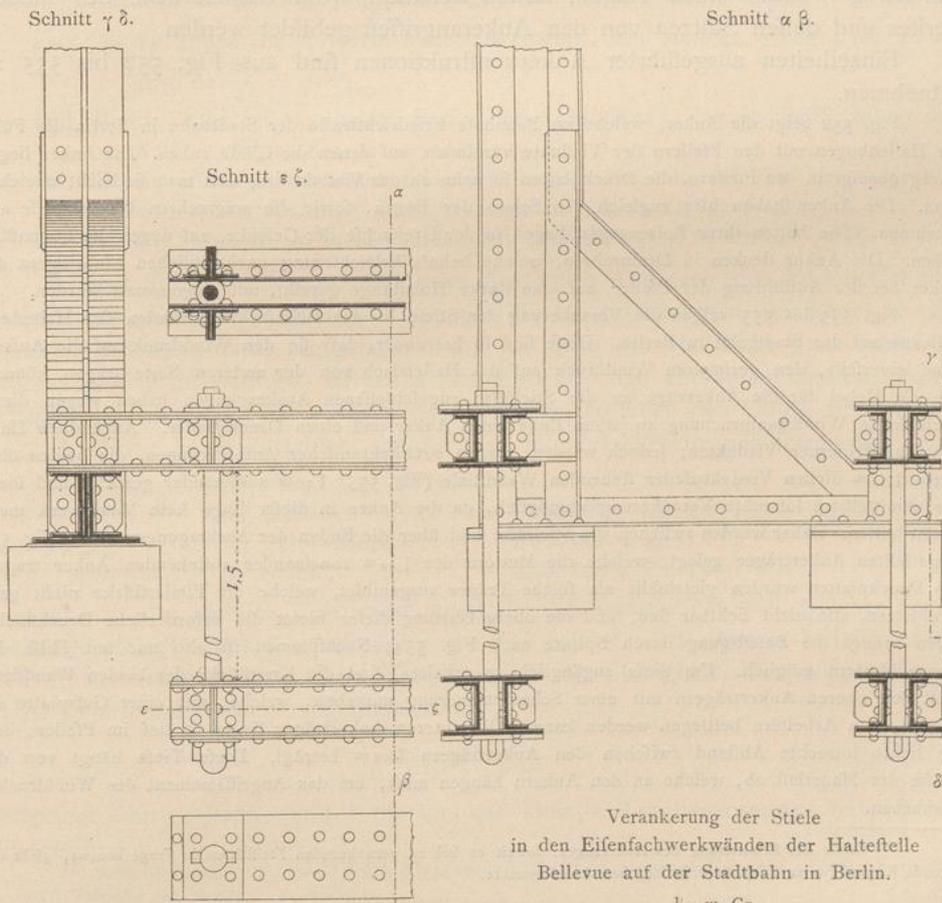


Fig. 555.



Verankerung der Stiele
in den Eifenfachwerkwänden der Haltestelle
Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin.

1/20 w. Gr.

Die Grundplatten werden quadratisch oder kreisrund aus Gusseisen hergestellt; sie müssen eine so große Fläche F erhalten, daß sie den Ankerzug P ¹⁰²⁾ mit Sicherheit auf eine hinreichend große Fläche übertragen. Ist die im Anker wirkende Zugkraft P Kilogr., so ist

für gewöhnliches Backsteinmauerwerk	.	$F = \frac{P}{7}$	Quadr.-Centim.	} 184.
» Klinkermauerwerk in Zementmörtel	.	$F = \frac{P}{12}$	» »		
» lose Quader	$F = \frac{P}{20}$	» »		
» sehr feste Quader	$F = \frac{P}{45}$	» »		

Die Dicke δ gusseiserner Ankerplatten berechnet sich zu

$\delta = 0,05 \sqrt{P}$	Centim. für kreisrunde Platten und	} 185.
$\delta = 0,055 \sqrt{P}$	» » quadratische Platten.		

Geht die Ankerplatte für eine ganze Reihe von zu verankernden Freistützen u. f. w. in einen Träger über, so muß letzterer genügende Steifigkeit besitzen, um unter dem Zuge zweier Anker zwischen diesen nicht überlastet zu werden. Der Ankerträger bildet einen Träger, dessen Belastung vom Gegendrucke des Mauerwerkes und dessen Stützen von den Ankerangriffen gebildet werden.

Einzelheiten ausgeführter Ankerkonstruktionen sind aus Fig. 552 bis 555 zu entnehmen.

Fig. 552 zeigt die Anker, welche im Bahnhofe Friedrichstraße der Stadtbahn in Berlin die Füße der Hallenbögen mit den Pfeilern der Viadukte verbinden, auf denen die Gleise ruhen. Die Anker liegen schräg geneigt in den Pfeilern, die Druckplatten so nahe an der Viaduktstirn, daß man sie leicht erreichen kann. Die Anker haben hier zugleich den Schub der Bogen, sowie die wagrechten Windangriffe aufzunehmen. Die Mitten ihrer Bolzenaugen liegen in der Drehachse der Gelenke, auf denen die Bogenfüße stehen. Die Anker stecken in Drainrohren, welche behufs Erleichterung nachträglichen Einbringens der Anker bei der Ausführung der Pfeiler, auf eine starke Holzstange gereiht, mit eingemauert wurden.

Fig. 553 bis 555 zeigen die Verankerung der Stiele in den Eisenfachwerkwänden der Haltestelle Bellevue auf der Stadtbahn in Berlin. Diese sind so berechnet, daß sie den Winddruck auf die Außenwand einerseits, den geringeren Winddruck auf das Hallendach von der anderen Seite tragen können. Die als Hebel für die Ankerzüge an die Stielfüße angeschlossenen Auskragungen haben wegen dieser wechselnden Windbeanspruchung an jedem Ende einen Anker und einen Druckquader. Auch diese Halle steht auf steinernen Viadukten; jedoch wurden, wegen architektonischer Anforderungen, die beiden über einem 1,50 m dicken Viadukt Pfeiler stehenden Wandstiele (Fig. 553) 1,70 m auseinander gerückt, und somit war unmittelbare lotrechte Verankerung unmöglich, da die Anker in dieser Lage kein Mauerwerk mehr gefaßt hätten. Daher wurden zwischen die Stielfüße und über die Enden der Auskragungen die in Fig. 555 dargestellten Ankerträger gelegt, welche die Muttern der 1,00 m voneinander abstehenden Anker tragen. Die Druckplatten wurden gleichfalls als solche Träger ausgebildet, welche die Pfeilerstärke nicht ganz durchsetzen, also nicht sichtbar sind, und die obere Gurtung dieser bietet die erforderliche Druckfläche. Unten erfolgt die Befestigung durch Splinte nach Fig. 554; Nachspannen ist also nur mit Hilfe der oberen Muttern möglich. Um diese zugänglich zu erhalten, sind die Kragstücke der beiden Wandstiele nebst den oberen Ankerträgern mit einer Schachtmauerung umgeben, welche, mit einer Gussplatte abgedeckt, von Arbeitern bestiegen werden kann. Die unteren Ankerträger liegen so tief im Pfeiler, daß der lichte lotrechte Abstand zwischen den Ankerträgern 1,50 m beträgt. Diese Tiefe hängt von der Größe der Mauerlaß ab, welche an den Ankern hängen muß, um das Angriffsmoment des Winddruckes aufzuheben.

¹⁰²⁾ Ueber die Ermittlung des Ankerzuges, soweit er bei zu verankernden Freistützen in Frage kommt, giebt das folgende Kapitel (unter d, 2) die erforderlichen Anhaltspunkte.

6. Kapitel.
Freiftützen.

a) Beanspruchung und Berechnung.

Freiftützen in Eifen werden, da sie in der Regel vorwiegend Druckspannungen ausgesetzt sind, sowohl in Gußeisen, als auch in Schweißeisen ausgeführt.

1) Der Längsdruck erfolgt in der Schwerachse.

Unter allen Umständen muß beim Querschnitte F und der zulässigen Beanspruchung s die zulässige Stützenlast P der Gleichung genügen:

$$P \leq F s^{103)} \dots \dots \dots 186.$$

283.
Längsdruck
in der
Schwerachse
wirksam.

Außerdem kommt die Gefahr des Zerknickens in Frage; mit Rücksicht darauf ist die zulässige Last

$$P \leq \frac{CE \mathcal{J}_{kl}}{m l^2}^{104)} \dots \dots \dots 187.$$

Darin bezeichnet C die sog. Einspannungsziffer, welche die folgenden Werte hat.

- Fall I: die Stütze ist an einem Ende eingespannt, am anderen völlig frei; alsdann ist $C = \frac{\pi^2}{4} = \infty 2,5$.
- Fall II: die Stütze ist an beiden Enden frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achse geführt; $C = \pi^2 = \infty 10$.
- Fall III: die Stütze ist an einem Ende fest eingespannt, am anderen frei verdrehbar, aber in der Richtung ihrer Achse geführt; $C = 2\pi^2 = \infty 20$.
- Fall IV: die Stütze ist an beiden Enden fest eingespannt; $C = 4\pi^2 = \infty 40$.

Hierzu ist zu bemerken, daß man das volle Auffetzen des Endquerschnittes einer starken Stütze mit breitem Fusse auf die Unterstützung in der Regel als Einspannung ansehen kann; übrigens tritt fast nie einer der vier Fälle ganz scharf ein, und es muß dem richtigen Ermessen des Entwerfenden überlassen bleiben, zu entscheiden, welcher der Fälle vorliegt oder wie etwa zwischen den Fällen zu mitteln ist.

E ist die Elastizitätsziffer, für die man folgende Werte einzusetzen hat:

- für Holz . . . 100 000 bis 120 000 kg für 1 qcm,
- für Gußeisen 1 000 000 kg für 1 qcm,
- für Schweißeisen 2 000 000 kg für 1 qcm,
- für Stahl 2 200 000 kg für 1 qcm.

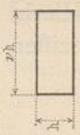
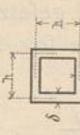
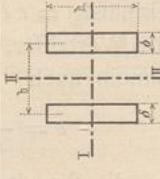
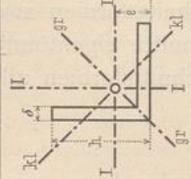
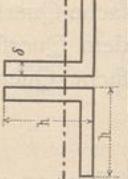
\mathcal{J}_{kl} ist das kleinste Trägheitsmoment des Stützenquerschnittes, welches für einfache Querschnittsformen zweckmäßig $= c F h^2$ gesetzt wird. Hierin bedeutet c eine dem Querschnitte eigentümliche Wertziffer, die sog. Steifigkeitsziffer, welche für einfache Querschnittsformen allgemein nach

$$c = \frac{\mathcal{J}_{kl}}{F h^2} \dots \dots \dots 188.$$

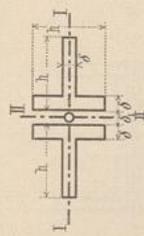
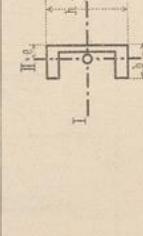
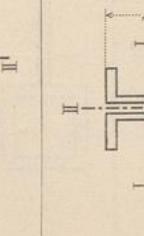
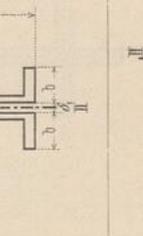
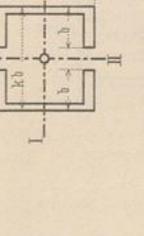
festgelegt werden kann, und h die für das kleinste Trägheitsmoment hauptsächlich

¹⁰³⁾ Siehe Gleichung 127 (S. 302) in Teil I, B1. 1, zweite Hälfte dieses Handbuchs (2. Aufl.: Gleichung 118, S. 104; 3. Aufl.: Gleichung 143, S. 130).

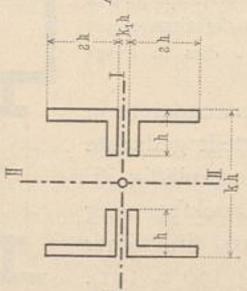
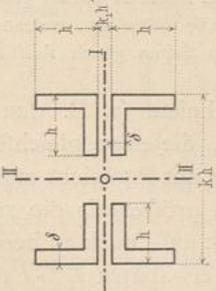
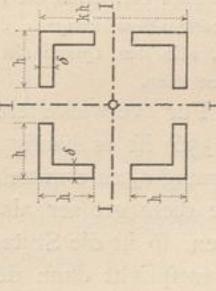
¹⁰⁴⁾ Siehe Gleichungen 128 u. 130 (S. 302 u. 303) ebendaf. (2. Aufl.: Gleichungen 117 u. 124, S. 104 u. 106; 3. Aufl.: Gleichung 142, S. 130).

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunkts- lage e	$c = \frac{J}{F \cdot h^2}$	Bemerkungen
1	Voller Kreis, Durchmesser h	alle h	—	0,0625	nur bei Holzstützen.
2	Volles Quadrat, Seite h	alle h	—	0,0833	nur bei Holzstützen.
3		alle h	—	0,0833	nur bei Holzstützen; $J_{kl} = 0,0833 \cdot h \cdot h \cdot h^2 = 0,0833 \cdot h^4$.
4		$\delta : h = 0$	—	0,125	nur bei Gufseifen; $J_{kl} = 0,125 \cdot \pi \cdot h \cdot \delta \cdot h^2 = 0,125 \cdot \pi \cdot \delta \cdot h^3$.
5		$\delta : h = 0$	—	0,1667	nur bei Gufseifen; $J_{kl} = 0,1667 \cdot 4 \cdot \delta \cdot h \cdot h^2 = 0,6668 \cdot \delta \cdot h^3$.
6*)		alle h, b u. δ $\delta : b = 0$	—	0,0833 0,250	h maßgebend, $J^I = 0,0833 \cdot 2 \cdot \delta \cdot h \cdot h^2$ } J^I wird = J^{II} für b maßgebend, $J^{II} = 0,25 \cdot 2 \cdot \delta \cdot h \cdot b^2$ } $b = 0,577 \cdot h$ (beste Form).
7	 für eine Schenkel- ausenkante	$\delta = 0,1 \cdot h$	$e = 0,287 \cdot h$	0,0946 0,15 0,0381 0,177	
8		$\delta = 0,1 \cdot h$	$e = 0,287 \cdot h$	0,0946	Querschnitt eines L-Eisens f ; $J_{kl} = 0,0946 \cdot 2 \cdot f \cdot h^2$.

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunkts- lage e	$c = \frac{\mathcal{J}}{Fh^2}$	Bemerkungen
13		$\delta = 0,17 h$	$e_1 = 0,7317 h$ $e_2 = 0,2332 h$	$0,41$ $0,0702$	
14		$\delta = 0,17 h$	$e_1 = 0,7317 h$	$0,41$ $0,2318$ $\frac{k_1}{4} (0,928 + k_1)$	Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J} = \mathcal{J}^{II}$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0,702$ zu machen. Querschnitt mit $2f$ einzuführen.
15		$\delta = 0,165 h$	$e_1 = 0,222 h$	$0,071$ $0,241$	
16		$\delta = 0,11 h$	$e_1 = 0,29 h$	$0,094$ $0,0445$	
17		$\delta = 0,165 h$	—	$0,241$ $0,2095$ $\frac{k_1}{4} (1,16 + k_1)$	Querschnitt mit $2f$ einzuführen. Soll $\mathcal{J} = \mathcal{J}^{II}$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 h$ mit $k_1 = 0,38$ zu machen. Querschnitt mit $2f$ einzuführen.

18	 <p>$\delta_1 = 0,2 h$</p>	<p>I II</p>	<p>} $\delta = 0,11 h$</p>	<p>— —</p>	<p>0,0445 0,316</p>	<p>Querschnitt mit 2f einzuführen.</p>
19		<p>I II</p>	<p>Mittel der E-Eisen</p>	<p>— $\epsilon = 0,31 b$</p>	<p>0,151 0,0955</p>	<p>h maßgebend; $\gamma I = 0,151 F h^2$, b maßgebend; $\gamma II = 0,0955 F b^2$.</p>
20	 <p>$\delta_1 = 0,25 b$ $\delta_1 = k_1 b$</p>	<p>I II</p>	<p>Mittel der E-Eisen</p>	<p>— — —</p>	<p>0,151 0,285 $\frac{k_1}{4} (1,24 + k_1)$</p>	<p>Soll $\gamma I = \gamma II$ werden, so hat man $\delta_1 = k_1 b$ für $k_1 = 0,62 \left[\sqrt{1,58 \left(\frac{h}{b} \right)^2 - 1} - 1 \right]$ zu machen. Querschnitt mit 2f einzuführen.</p>
21		<p>I II</p>	<p>Mittel der E-Eisen</p>	<p>— —</p>	<p>0,151 $\frac{k}{4} (k - 1,51)$</p>	<p>Soll $\gamma I = \gamma II$ werden, so hat man k in $k b$ $k = 0,62 \left[1 + \sqrt{1,58 \left(\frac{h}{b} \right)^2 - 1} \right]$ zu machen. Querschnitt mit 2f einzuführen.</p>
22		<p>I II</p>	<p>Mittel der I-Eisen Nr. 12 bis 50</p>	<p>— —</p>	<p>0,159 0,0494</p>	<p>h maßgebend; $\gamma I = 0,159 f h^2$, b maßgebend; $\gamma II = 0,0494 f b^2$.</p>

Nr.	Querschnittsform	Genau für	Schwerpunkts- lage e	$c = \frac{\mathcal{Y}}{F h^2}$	Bemerkungen
23		Mittel der I-Eisen Nr. 12 bis 50	—	$\left(\frac{k}{2}\right)^2 + 0,0404$	Soll $\mathcal{Y} = \mathcal{Y}''$ werden, so hat man k in $k \cdot b$ k maßgebend } $k = \sqrt{0,036 \left(\frac{h}{b}\right)^2 - 0,1976}$ zu machen. b maßgebend } Querschnitt mit $2f$ einzuführen.
24		$\hat{\delta} = 0,0833 k$ $\hat{\delta} = 0,1 h$ $\hat{\delta} = 0,125 h$	—	$\begin{matrix} 0,0437 \\ 0,0443 \\ 0,0450 \end{matrix}$	
25		$\hat{\delta} : h = 0$	—	$0,15$	Nur für Gußeisen.
26		$\hat{\delta}_1 = k_1 h$ $k_1 = 0,13$	—	$\begin{matrix} 0,487 + \frac{k_1}{4} (2,024 + k_1) \\ 0,6613 \\ 0,1402 + \frac{k}{4} (k - 1,024) \end{matrix}$	Soll $\mathcal{Y}' = \mathcal{Y}''$ werden, so hat man $k = 0,512 + \sqrt{(k_1 + 1,012)^2 + 0,6012}$ oder $k_1 = \sqrt{(k - 0,512)^2 - 0,6012} - 1,012$ zu machen. Für $k_1 = 0,13$ nach Nr. 12 wird dann $k = 2,039$. Querschnitt mit $4f$ einzuführen.

<p>27</p>  <p style="text-align: center;"> k_1 $k_1 = 0,34$ II </p> <p style="text-align: center;"> $\delta = 0,17 h$ </p>	<p style="text-align: center;"> $0,9454 + \frac{k_1}{4} (2,927 + k_1)$ $1,2231$ $0,124 + \frac{k}{4} (k - 0,928)$ </p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p>Soll $\mathcal{H} = \mathcal{H}^I$ werden, so hat man</p> $k = 0,464 + \sqrt{(k_1 + 1,4634)^2 + 1,3594}$ <p>oder $k_1 = \sqrt{(k - 0,464)^2 - 1,3594} - 1,4634$ zu machen. Für $k_1 = 0,34$ nach Nr. 14 wird dann $k = 2,0115$.</p> <p>Querschnitt mit 4f einzuführen.</p>
<p>28</p>  <p style="text-align: center;"> k_1 $k_1 = 0,12$ II </p> <p style="text-align: center;"> $\delta = 0,1 h$ </p>	<p style="text-align: center;"> $0,177 + \frac{k_1}{4} (1,148 + k_1)$ $0,2444$ $0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148)$ </p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p>Soll $\mathcal{H} = \mathcal{H}^I$ werden, so hat man</p> $k = k_1 + 1,148$ <p>zu machen. Für $k_1 = 0,12$ nach Nr. 9 u. 10 wird $k = 1,348$, was beweist, dass der Querschnitt für II meist zu steif ist.</p> <p>Querschnitt mit 4f einzuführen.</p>
<p>29</p>  <p style="text-align: center;">I</p> <p style="text-align: center;"> $\delta = 0,1 h$ </p>	<p style="text-align: center;"> $0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148)$ </p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p>Querschnitt mit 4f einzuführen, also $\mathcal{H}^I = c \cdot 4f \cdot h^2$.</p>

maßgebende Querabmessung des Stützenquerschnittes F . Wird dieser Wert eingeführt, so lautet die obige Gleichung für die mit Rücksicht auf Zerknicken zulässige Last

$$P \approx \frac{CEcFh^2}{m l^2}, \quad Fh^2 \approx \frac{mPl^2}{CEc} \dots \dots \dots 189.$$

m bedeutet den einzuführenden Sicherheitsgrad, der für Schweifseifen und Stahl 4- bis 6fach, für Gufseifen 7- bis 9fach und für Holz 8- bis 12fach gewählt wird. Die höheren Zahlen gelten für lange bestehende und Erschütterungen ausgesetzte, die niedrigen für zeitweilige Bauten; l bedeutet die theoretische Länge der Stütze.

Bei der Berechnung einer Stütze hat man demnach stets zwei Formeln, diejenige für Druck (Gleichung 186) und diejenige für Zerknicken (Gleichungen 187 oder 189) im Auge zu behalten. Um von vornherein zu entscheiden, welche der beiden in einem gegebenen Falle maßgebend ist, kann man diejenige Stützenlänge l_1 , bei welcher die Gefahr des Zerknickens derjenigen des Zerdrücktwerdens gerade gleich ist, nach ¹⁰⁵⁾

$$l_1 = \sqrt{\frac{CE\tilde{F}_{kl}}{msF}} \dots \dots \dots 190.$$

oder, wenn $\tilde{F}_{min} = cFh^2$ eingeführt wird, nach

$$l_1 = h \sqrt{\frac{CEc}{ms}} \dots \dots \dots 191.$$

ermitteln. Ist die wirkliche Länge $l > l_1$, so ist die Stütze nach Gleichung 187 oder 189 auf Zerknicken, ist $l < l_1$, so ist sie nach Gleichung 186 auf Druck zu berechnen.

Da sich die Benutzung der Steifigkeitsziffer c insbesondere bei einfachen Querschnittsformen als sehr bequem erweist, so sind ihre Werte auf S. 206 bis 211 in übersichtlicher Zusammenstellung für einfache Querschnittsformen angegeben.

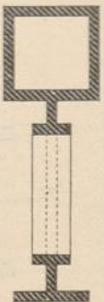
Erläuterungen zu dieser Zusammenstellung. Der auf S. 206 bis 211 vorangehenden Feststellung liegen die deutschen Normalprofile zu Grunde.

Die Bestimmung der c -Werte ist nicht für alle Querschnitte genau, weil die Verhältnisse der Abmessungen bei verschiedenen Abstufungen eines Querschnittes nicht unveränderlich sind; daher wurde die dritte lotrechte Spalte eingefügt, welche angiebt, für welche Verhältnisse die Ermittlung genau ist. Sollte der Querschnitt im einzelnen Falle von der Angabe dieser Spalte seinen Verhältnissen nach weit abweichen, so ist das genaue unmittelbare Nachrechnen des Trägheitsmoments zu empfehlen; in allen Fällen genügen die Angaben zu gut annäherndem Feststellen des erforderlichen Querschnittes.

Bei den Querschnitten 21 und 23 erscheint die Steifigkeitsziffer c für Achse II nicht als reiner Zahlenwert; gleichwohl ist die Benutzung der Werte bequem, weil man die Querschnitte nach den Werten für Achse I bestimmen und, nachdem so das zu wählende Eisen festgelegt ist, nach der Angabe unter »Bemerkungen« bestimmen kann, wie weit man die beiden Eisen voneinander zu entfernen hat, damit die Steifigkeit für Achse II ebenso groß wird. Ueberhaupt sind in der Spalte »Bemerkungen« die Verhältnisse festgelegt, welche die Hauptträgheitsmomente gleich, also den Querschnitt nach allen Seiten gleich steif machen, wo dies in Frage kommen kann.

Für verwickeltere Querschnitte (z. B. den viel verwendeten in Fig. 556) ist es häufig bequem, diejenige gleichförmig verteilte gedachte Spannung s_g zu ermitteln, welche mit Rücksicht auf Zerknicken zulässig ist. Sollte diese größer als s , d. h. größer als die zulässige Druckspannung werden, so ist die Stütze lediglich auf Druck zu berechnen, und ein solcher Fall entspricht dann dem oben erwähnten $l_1 \approx l$ (Gleichung 190 u. 191).

Fig. 556.



¹⁰⁵⁾ Siehe Gleichung 131 (S. 303) in Teil I Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs« (2. Aufl.: Gleichung 122, S. 206).

Die zulässige Zerknickungsspannung s_z folgt aus

$$s_z = \frac{CE\mathcal{F}_{kl}}{ml^2F} \dots \dots \dots 192.$$

In der Regel wird es für derartige Querschnitte jedoch am einfachsten sein, sie, probeweise vom Druckquerschnitte ausgehend, schätzungsweise festzulegen, ihr kleinstes Trägheitsmoment auszurechnen und dann zu prüfen, ob dieses diejenige Größe

$$\mathcal{F}_{min} \cong \frac{Pml^2}{CE} \dots \dots \dots 193.$$

erreicht, welche sich aus der Umkehrung der Gleichung 187 ergibt, wenn man darin für P die wirklich zu tragende Last einführt.

Ist der Gesamtquerschnitt für ein zusammengesetztes Glied auch steif genug gebildet, so können die einzelnen Teile doch noch jeder für sich zerknicken, wenn sie nicht genügend miteinander verbunden sind, weil der n -te Teil eines ganzen Querschnittes dem n -ten Teile der Last sehr viel weniger Trägheitsmoment entgegensetzt, als dem n -ten Teil des ganzen Trägheitsmoments. Die Teile eines zusammengesetzten Querschnittes müssen daher durch hinreichend oftmalige Verbindung untereinander zu gemeinsamem Widerstande befähigt werden, so daß kein Teil unter dem auf ihn kommenden Lastteile allein ausknicken kann.

Soll der n -te Teil des ganzen Querschnittes mit dem kleinsten Trägheitsmoment i steif gemacht werden, so muß die Zahl N der Verbindungen der Querschnittsteile untereinander, wenn man von den an den Stabenden etwa eingesetzten Verbindungen abzieht, betragen

$$N = \frac{l}{\pi} \sqrt{\frac{mP^{106}}{nEi}} \dots \dots \dots 194.$$

worin jedoch N stets nach oben auf eine ganze Zahl abgerundet werden muß. Diese Verbindungen sind im $\frac{1}{2N}$ ten, $\frac{3}{2N}$ ten, $\frac{5}{2N}$ ten u. s. w. Teile der Stablänge anzubringen.

2) Der Längsdruck wirkt im Abstände u von der Schwerpunktsachse.

Bei Freistützen wird u stets in der Richtung einer der Trägheitshauptachsen (siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 314, S. 270¹⁰⁷) liegen, so daß für die aus der schiefen (exzentrischen) Belastung entstehende Biegung die zu u senkrechte Nulllinie und eines der Hauptträgheitsmomente \mathcal{F} in Frage kommen. Es bezeichne noch e den Abstand der äußersten Fasern von der Nulllinie.

224.
Längsdruck
außerhalb der
Schwerachse
wirksam.

Man bemesse den Querschnitt zunächst für Druck in der Schwerachse nach obigen Regeln auf Zerknicken für die Länge l ; alsdann untersuche man den Einfluß der biegenden Wirkung des Moments $M = Pu$, indem man die Spannungswerte

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{Me}{\mathcal{F} - \frac{Pl^2}{8E}} = \frac{P}{F} \left(1 \pm \frac{ueF}{\mathcal{F} - \frac{Pl^2}{8E}} \right) \dots \dots \dots 195.$$

berechnet; darin ist für die entfernteste Faser auf derjenigen Seite der Nulllinie, auf welcher der Längsdruck P wirkt, neben dem entsprechenden Werte von e das Pluszeichen, für die entfernteste Faser der abgewendeten Seite der entgegengesetzte

¹⁰⁶) Vergl. Gleichung 94 (S. 296) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (2. Aufl.: Gleichung 87, S. 98; 3. Aufl.: Gleichung 120, S. 123).

¹⁰⁷) 2. Aufl.: Art. 59, S. 39. — 3. Aufl.: Art. 62, S. 41.

Wert von e und das Minuszeichen zu berücksichtigen. Für die 29 einfachen Querschnitte der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 kann man auch hier $\mathcal{F} = c F h^2$ einführen; die Gleichung lautet dann:

$$\sigma = \frac{P}{F} \left(1 \pm \frac{ue}{ch^2 - \frac{Pl^2}{8EF}} \right), \dots \dots \dots 196.$$

worin nun h die in den Abbildungen der 29 Querschnitte in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angegebene Bedeutung hat.

Sollte der Ausdruck in der Klammer für eine der äußersten Fasern negativ, d. h. $ue > ch^2 - \frac{Pl^2}{8EF}$ oder $Fue > \mathcal{F} - \frac{Pl^2}{8E}$ werden, so ergäbe sich für σ Zugspannung; alsdann empfiehlt es sich bei Gussstützen, den Querschnitt so abzuändern, daß auch in dieser Faser Druck entsteht; auf der anderen Seite darf σ die zulässige Druckbeanspruchung nicht überschreiten.

3) Die Freistütze hat aufser der Last in ihrem Kopfe oder Schafte Momente erzeugende wagrechte Kräfte aufzunehmen.

285.
Gebogene
gusseiserne
Freistützen.

Wenn auch angegeben wurde, daß man sich beim Auftreten von Momenten aus wagrechten Kräften im allgemeinen am besten dabei steht, die Stützen aus Schweifeseisen zu bilden, so ist doch die Verwendung von Gusseisen auch in solchen Fällen nicht selten; namentlich finden sich viele Hallenbauten, bei denen die Binder auf den Köpfen von Gussstützen ruhen, womit die Windkräfte und die Reibung bei Bewegungen infolge von Wärmeschwankungen als wagrechte Kräfte auf die Stützen übertragen.

Werden die beiden Querschnittsformen Nr. 4 und 5 der Zusammenstellung auf S. 206 zu Grunde gelegt, ist P die lotrechte Last, M das größte Biegemoment für die Stütze, D die Außen-, D_1 die Innenabmessung des Hohlkörpers, s die zulässige Druck- und s_g die zulässige Zugspannung im Gusseisen, so ist die Stütze für den Fall, daß s und s_g beide voll ausgenutzt werden sollen, auszubilden nach (siehe Nr. 4 und 5 der Zusammenstellung auf S. 206):

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{4 M(s - s_g)}{P(s + s_g)}, & \delta &= \frac{P^2(s + s_g)}{2 M \pi (s - s_g)^2} \text{ für den Kreisring Nr. 4} \\ h &= \frac{3 M(s - s_g)}{P(s + s_g)}, & \delta &= \frac{P^2(s + s_g)}{6 M (s - s_g)^2} \text{ für den quadratischen Kasten Nr. 5} \end{aligned} \right\} 197.$$

Nach diesen Gleichungen ergeben sich in vielen Fällen praktisch nicht ausführbare Wandstärken δ . Tritt dies ein, so nehme man für δ ein für die Ausführung bequemes Maß an und bestimme dann h als den größeren der aus den beiden Gleichungen 198 u. 199 folgenden Werte:

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{P}{2 \pi \delta s} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \pi M \delta s}{P^2}} \right) \text{ für den Kreisring Nr. 4} \\ h &= \frac{P}{8 \delta s} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{48 M \delta s}{P^2}} \right) \text{ für den quadratischen Kasten Nr. 5} \end{aligned} \right\} 198.$$

$$\left. \begin{aligned} h &= \frac{P}{2 \pi \delta s_g} \left(\sqrt{1 + \frac{16 \pi M \delta s_g}{P^2}} - 1 \right) \text{ für den Kreisring Nr. 4} \\ h &= \frac{P}{8 \delta s_g} \left(\sqrt{1 + \frac{48 M \delta s_g}{P^2}} - 1 \right) \text{ für den quadratischen Kasten Nr. 5} \end{aligned} \right\} 199.$$

Wie die beiden Gleichungen erkennen lassen, wird bei Benutzung von 198 die zulässige Druckspannung s , bei Benutzung von 199 die zulässige Zugspannung s_g voll ausgenutzt. Der grössere der beiden Werte h ist auszuführen.

Schliesslich ist dann

$$D = h + \delta \quad \text{und} \quad D_1 = h - \delta. \quad \dots \quad 200.$$

Beispiel. Für die die Binder eines Hallendaches tragende Säule von Kreisringquerschnitt sei die Last, einchl. des Eigengewichtes, $P = 20\,000\text{ kg}$; am Kopfe greift eine wagrechte Kraft $H = 700\text{ kg}$ an; die Stütze ist bis an die Fufseinspannung $h_1 = 600\text{ cm}$ hoch, so dass $M = 600 \cdot 700 = 420\,000\text{ cmkg}$ zu setzen ist. Soll die Druckspannung $s = 700\text{ kg}$ für 1 qcm ebenso, wie die Zugspannung $s_g = 250\text{ kg}$ für 1 qcm voll ausgenutzt werden, so müsste nach Gleichung 197 gemacht werden:

$$h = \frac{4 \cdot 420\,000 (700 - 250)}{20\,000 (700 + 250)} = 39,8\text{ cm} \quad \text{und} \quad \delta = \frac{20\,000^2 (700 + 250)}{2 \cdot \pi \cdot 420\,000 (700 - 250)^2} = 0,71\text{ cm}.$$

Diese Wandstärke ist für die Ausführung zu gering; dafür soll $\delta = 1,5\text{ cm}$ ausgeführt werden. Dann ist nach Gleichung 198

$$h = \frac{20\,000}{2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 700} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420\,000 \cdot 1,5 \cdot 700}{20\,000^2}} \right) = 25,8\text{ cm}$$

und nach Gleichung 199

$$h = \frac{20\,000}{2 \cdot \pi \cdot 1,5 \cdot 250} \left(\sqrt{1 + \frac{16 \cdot \pi \cdot 420\,000 \cdot 1,5 \cdot 250}{20\,000^2}} - 1 \right) = 30,4\text{ cm}.$$

Demnach ist der gemittelte Stützendurchmesser mit dem grösseren Werte von rund $h = 30\text{ cm}$ auszuführen. Dabei wird nach Gleichung 200

$$D = 30 + 1,5 = 31,5\text{ cm} \quad \text{und} \quad D_1 = 30 - 1,5 = 28,5\text{ cm}.$$

b) Freistützen in Gufseifen.

Die in Gufseifen ausgeführte Freistütze hat in vielen Fällen dadurch Unglücksfälle verursacht, dass sie bei Feuersbrünften stark erhitzt, dann, vom kalten Strahle des Spritzen Schlauches getroffen, sprang und plötzlich zusammenbrach. Dieser Mangel hat schon seit längerer Zeit die gufseiferne Freistütze, wie den gufseiferne Träger aus den Hochbauten nordamerikanischer Städte ganz verbannt, wo sie durch Schweisseifen oder weichen Stahl ersetzt ist. In Europa überwiegt die Verwendung des Gufseifens für diese Konstruktionsteile, wegen der bequemen Formgebung und des meist geringeren Preises gegenüber demjenigen des Schweisseifens, noch erheblich.

Durch die »Baupolizeiliche Vorschrift über Stützenkonstruktionen in Hochbauten in Berlin« (vom 4. April 1884¹⁰⁸) ist die Verwendung gufseiferne Freistützen unter massiven Wänden von Gebäuden, welche unten Geschäftsräume, oben Wohnräume enthalten, von der Bedingung abhängig gemacht, dass diese Stützen durch feste Ummantelungen aus Schweisseifen der unmittelbaren Berührung durch Feuer und Wasser entzogen werden; anderenfalls dürfen sie nur aus Schweisseifen oder aus Klinkermauerwerk in Zementmörtel gebildet sein¹⁰⁹). Als anderweitige Mittel, um das Erhitzen von gufseiferne Freistützen zu verhindern, sind für hohle Querschnitte Vorkehrungen zu schneller Füllung mit Wasser oder zur Erzeugung von frischem Luftzuge von unten her bei Feuersgefahr vorgeschlagen; diese stossen jedoch meist auf Schwierigkeiten und sind in ihrem Erfolge nicht erprobt¹¹⁰).

Uebrigens haben sich auch Schweisseifenstützen als starkem Feuer nicht gewachsen gezeigt. Man steht heute auf dem Standpunkte, für jede eiserne Stütze, mag sie aus Schweisseifen oder Gufseifen bestehen, eine besondere feuerlichere Ummantelung zu fordern, sobald Feuerbeständigkeit von der Stütze verlangt werden muss.

¹⁰⁸) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 153. — Deutsche Bauz. 1884, S. 190. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 174.

¹⁰⁹) Durch diese Bestimmung veranlasst, hat neuerdings *Bauschinger* vergleichende Versuche über die Tragfähigkeit von erst erhitzten, dann kalt angespritzten Säulen aus Gufseifen und Schmiedeeisen angestellt, nach denen die ersteren den letzteren überlegen sein sollen. (Vergl.: BAUSCHINGER, J. Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium an der k. technischen Hochschule in München. 1885, Heft 12 — ferner: Wochbl. f. Baukde. 1885, S. 125 u. 149.)

¹¹⁰) Siehe auch Teil III, Bd. 6 dieses »Handbuches«, Abt. V, Abschn. 1, Kap. 1: Sicherungen gegen Feuer.

Weitere Beobachtungen über die Tragfähigkeit der Stützen im Feuer¹¹¹⁾, namentlich auch bei fortgesetzten Versuchen *Bauschinger's*, ergaben, daß schweißseiserne Stützen durch das Erhitzen schneller ihre Tragfähigkeit verlieren, als richtig, d. h. ohne plötzliche Querschnittsübergänge, geformte Gufstützen, und daher als mindestens so unsicher, wie diese anzusehen sind. Wirkliche Sicherheit erhält man also nur durch feuerfeste Ummantelung beider Stoffe, von denen im nächsten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abfchn. 2, A, Kap. 1) die Rede sein wird (vergl. auch Fig. 568). Ohne diese sind nach den heutigen Erfahrungen aber gut durchgebildete Gufstützen als widerstandsfähiger gegen Feuer anzusehen, als schweißseiserne und stählerne¹¹²⁾.

Bei schweren Lasten ist auch die häufig durchgeführte Ausnutzung hohler Freistützen zu Rauchrohren nicht zu empfehlen, da das Erhitzen der Wandungen und das Einführen des Feuerzuges die Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigen. Auch die Benutzung des Inneren hohler Freistützen zur Ableitung von Wasser soll dann vermieden werden, wenn die Stütze dem Froste ausgesetzt ist, da gefrorenes Wasser die Wandungen sprengt. Ist diese Art der Ausnutzung in nicht frostfreier Lage nicht zu umgehen, so soll man die Wandungen in nicht zu weiter Teilung mit kleinen Bohrlöchern durchbrechen, damit das quellende Eis einigen Ausweg findet, und in das Innere noch besondere Leitungsrohre aus Gufseifen einsetzen.

287.
Querschnitt.

Die Querschnittsformen gufseiferer Freistützen sind bei völlig freier Stellung der Kreisring (Fig. 557), der quadratische Kasten (Fig. 558) und das Kreuz (Fig. 559). Stehen die Stützen in der Richtung einer Wand als Einfassung großer Oeffnungen, so verwendet man den Querschnitt nach Fig. 560 auch wohl mit Kreisring statt des quadratischen Kastens an der Außenseite, den I- (Fig. 561) oder den C-förmigen Querschnitt (Fig. 562), bei denen der Steg gewöhnlich durchbrochen ist¹¹³⁾.

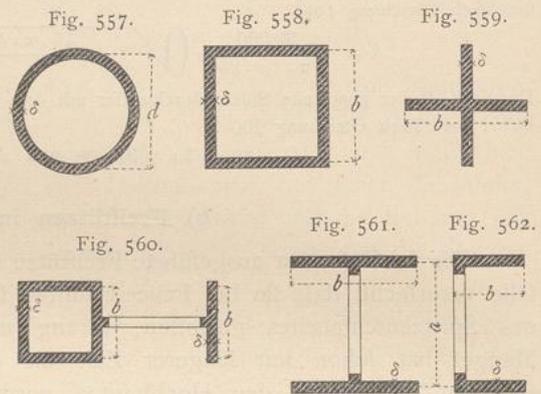
Bezüglich der Höhenentwicklung der Stützen ist zu beachten, daß starke Ausladungen im Fusse oder Kopfe, welche den Querschnitt plötzlich, ohne Verstärkung, auf einen größeren Umfang bringen, bereits Grund zu Zusammenbrüchen geworden sind, indem der schräge Teil der Ausweitung ringsum abgesichert wurde und der engere Teil sich in den weiteren hineinschob. Der Stützenquerschnitt soll daher thunlichst unverändert durchlaufen, weshalb weit ausladende Formen massiv angegossen, mit Querrippen ausgesteift, oder besser in leichter Ausführung in Gufseifen oder Zinkgufs umgelegt werden; die erste Art der Herstellung bringt Gefahren durch die erheblichen und meist plötzlichen Schwankungen der Wandstärke, insbesondere bei Feuersbrünften; das letzte Verfahren ist das sicherste.

Glaubt man zur Erzielung von kräftigen Profilierungen die Ausweitung des ganzen Stützenquerschnittes auch im Inneren nicht entbehren zu können, so muß man die nach dem zweiten Verfahren an der Ausweitungstelle im Inneren anzubringenden Rippen nach oben und unten schlang verlaufen lassen.

111) Vergl.: MÖLLER & LÜHMANN. Berechnung der Stützen mit Berücksichtigung der Erhitzung. Preisschrift des Vereines zur Förderung des Gewerbestandes in Preußen. Verh. d. Ver. z. Beförd. d. Gwblf. in Preußen. 1887, S. 573. (Auch als Sonderabdruck erschienen.) — Siehe auch Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, 2. Aufl. (Art. 145, S. 123; 3. Aufl.: Art. 147, S. 138) dieses „Handbuches“.

112) Nach Beobachtungen der Londoner Feuerwehr haben sich auch starke eichene Freistützen in heftigen Feuersbrünften gut gehalten, eine Erscheinung, die daraus erklärt wird, daß die in einem durchglühten Raume noch enthaltene Luft zu sauerstoffarm ist, um hartes Eichenholz zu wirklichem Brennen zu bringen. Die Stützen zeigten sich bis auf geringe Tiefe mit einer schützenden Kohlschicht bedeckt, im Inneren aber völlig gesund. Auf derartigen Erfahrungen fußend, hat man neuerdings die Freistützen der Speicher im Bremer Freihafengebiete aus Eichenholz hergestellt.

113) Ueber Ausbildung der nicht centralen Querschnitte siehe: Deutsche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.



Hat die Stütze nicht in allen wagrechten Schnitten gleichen Querschnitt, so ist für die Berechnung auf einfachen Druck der kleinste, für die Berechnung auf Zerknicken in der Regel der in halber Höhe liegende Querschnitt maßgebend.

Die Beanspruchung gusseiserner Freistützen durch äußere Kräfte erfolgt lotrecht und ganz oder nahezu genau im Schwerpunkte. In den Fällen, in denen die äußeren Kräfte wagrecht, geneigt oder erheblich schief wirken, in Fällen also, in denen erhebliche Biegemomente auftreten, verwendet man zweckmäßiger Schweifseisen. Doch kommen gemäß Art. 285 (S. 214) auch gusseiserne gebogene Stützen vor.

Die Herstellung der gusseisernen Stützen erfolgt der Einfachheit halber bei großer Länge in liegender Stellung; diese Art gestattet zwar den Guß sehr langer Teile in einem Stücke; doch fällt der Guß leicht locker und blasig aus, weil das flüssige Eisen nur unter geringem Drucke steht, und die Luftblasen aus der langen wagrechten Form schwer entweichen können. Auch ist es schwierig, den schweren Kern so steif zu bilden, daß er nicht in der Mantelform durchhängt, und so entstehen gerade an der ungünstigsten Stelle, in der Mitte der Länge, ungleiche Wandstärken, oben zu große, unten zu geringe. Die sich ergebende Schiefe und ungleichmäßige Dichtigkeit des Querschnittes haben auf die Tragfähigkeit der Stütze denselben ungünstigen Einfluß, wie schiefer Angriff der Last, und können eine richtig berechnete Stütze ernstlich gefährden. Die Ungleichmäßigkeit der Wandstärken ist genau nur durch Anbohren zu erkennen.

Mit Sicherheit werden diese Mängel bei stehendem Guße vermieden. Hierbei ist die Länge der Teile eine beschränktere, da Gießgruben von entsprechender Tiefe erforderlich sind. Nur größere Gießereien haben die nötigen Anlagen und giesßen Längen bis zu 8 m. Der Guß wird dicht, weil die Last des Eisens selbst das Material verdichtet, und die Blasen können nach oben entweichen. In der stehenden Form kann der Kern leicht gerade gehalten werden. Die Gießtechnik ist jedoch heute so weit vorgeschritten, daß man stehenden Guß nicht mehr unbedingt vorzuschreiben braucht. Bei liegend gegossenen Stützen ist jedoch genaue und scharfe Prüfung unerlässlich.

Die Dichtigkeit des Gusses prüft man am besten durch Nachwägen der Stücke von bekanntem Inhalte.

Beispiel 1. Eine gusseiserne Ringstütze Nr. 4 der Zusammenstellung auf S. 206, welche unten flach aufsteht und oben ein Kugelenk besitzt und am Ausweichen nicht verhindert ist (Fall I, $C = 2,5$), soll bei 500 cm Länge 25 000 kg mit ($m =$) 8facher Sicherheit tragen; die zulässige reine Druckspannung ist für schweren Guß ($s =$) 500 kg für 1 qcm.

Das Längenverhältnis, bei dem die Gefahr des Zerdrücktwerdens und des Zerknickens gleich groß ist, folgt nach Gleichung 191 (S. 212) bei $E = 1000000$ kg für 1 qcm mit

$$l_1 = h \sqrt{\frac{2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125}{8 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{8,84}.$$

Der gemittelte Durchmesser müßte also $\frac{500}{8,84} = \approx 57$ cm betragen, wenn die Gefahr des Zerknickens nicht vorliegen sollte. So stark wird man die Stütze nicht machen, da sie dann nur eine Wandstärke von $\delta = \frac{25000}{500 \cdot \pi \cdot 57} = 0,28$ cm erhielte; sie ist also nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen, wobei man genau genug $F = \delta h \pi$ setzen kann. Wird noch bestimmt, daß mit Rücksicht auf sicheren Guß die Wandstärke 1,8 cm betragen soll, so ergibt sich nach Gleichung 189

$$\pi h \cdot 1,8 h^2 = \frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125},$$

288.
Berechnung
und
Ausführung.

289.
Beispiele.

$$h = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 25000 \cdot 500^2}{1,8 \cdot 3,14 \cdot 2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125}} = 30,5 \text{ cm.}$$

Der äußere Durchmesser ist also $30,5 + 1,8 = 32,3 \text{ cm}$, der innere $30,5 - 1,8 = 28,7 \text{ cm}$.

Beispiel 2. Eine kastenförmige Gufstütze Nr. 5 der Zusammenstellung auf S. 206 ist mit den Querschnittsabmessungen $h = 18,5 \text{ cm}$, $\delta = 1,5 \text{ cm}$ und von 750 cm Länge vorhanden; es fragt sich, wie viel diese mit ($m =$) 7 facher Sicherheit tragen kann, wenn sie unten mit großer Grundplatte flach aufgesetzt und oben am Ausweichen verhindert wird (Fall III, $C = 20$).

Das Längenverhältnis, bei dem Zerknicken noch nicht eintritt, folgt bei $s = 500 \text{ kg}$ für 1 qcm zulässiger Druckspannung nach Gleichung 191 (S. 212) bei $c = 0,1667$ mit

$$l_1 = h \sqrt{\frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0,1667}{7 \cdot 500}} \quad \text{und} \quad h = \frac{l_1}{30,9},$$

so daß also die gemittelte Breite h wenigstens $\frac{750}{30,9} = 24 \text{ cm}$ betragen müßte, wenn die Stütze nur auf Druck zu berechnen sein sollte.

Da der Querschnitt $4 \cdot 18,5 \cdot 1,5 = 111 \text{ qcm}$ beträgt, so folgt die zulässige Last aus Gleichung 189 (S. 212) mit

$$P = \frac{20 \cdot 1000000 \cdot 0,1667 \cdot 111 \cdot 18,5^2}{7 \cdot 750^2} = 32170 \text{ kg.}$$

Beispiel 3. Die Freistütze für den Träger eines Schaufensters hat bei 375 cm Länge 47000 kg zu tragen, muß als oben und unten verdrehbar gehalten (Fall II, $C = 10$) angefaßt werden und soll einen Querschnitt nach Fig. 560, 563 u. 564 (Nr. 25 der Zusammenstellung auf S. 210) mit 18 cm größter Breite erhalten; die für die Berechnung unwesentliche Tiefe ist 77 cm . Da die äußere Breite nur 18 cm betragen soll, so darf δ mit nur etwa $18 - 3 = 15 \text{ cm}$ angefaßt werden, und die Länge, bei welcher die Stütze einfach auf 500 kg Druck für 1 qcm zu berechnen sein würde, ist nach Gleichung 191 bei $m = 8$

$$l_1 = 15 \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0,15}{8 \cdot 500}} = \infty 281 \text{ cm.}$$

Da die Stütze länger ist, muß sie nach Gleichung 189 (S. 212) bemessen werden, und zwar wird nach Gleichung 189

$$F h^2 = F \delta^2 = \frac{8 \cdot 47000 \cdot 375^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0,15} = 35250; \quad F = \frac{35250}{15^2} = 157 \text{ qcm,} \quad \text{und da } F = 5 \delta \delta,$$

$$\delta = \frac{157}{5 \cdot 15} = 2,09 \text{ cm;}$$

δ ist somit genauer mit $18 - 2,09 = 16,0 \text{ cm}$ einzuführen; l_1 wird dann $\frac{281 \cdot 16}{15} = 300 \text{ cm}$, also kleiner, als die Länge der Stütze, und die Wandstärke wird genauer nach

$$F = \frac{35250}{16^2} = 137,8 \text{ qcm,}$$

$$\delta = \frac{137,8}{5 \cdot 16} = 1,72 \text{ cm,}$$

wofür mit Rücksicht auf abermalige Vergrößerung von δ die Wandstärke $\delta = 1,7 \text{ cm}$ ausgeführt wird.

Die nötige Anzahl N von Verbindungen des hinteren Flansches mit dem vorderen Kasten durch angeöffnete Stege ergibt sich in folgender Weise. Nach Fig. 564 ist

$$x_0 (18 \cdot 1,7 + 3 \cdot 1,7) = 18 \cdot 1,7 \frac{1,7}{2} + 3 \cdot 1,7 \left(1,7 + \frac{3}{2}\right), \quad \text{also } x_0 = 1,18 = \infty 1,2 \text{ cm,} \quad \text{und}$$

$$i = 18 \frac{1,2^3 + (1,7 - 1,2)^3}{3} + 1,7 \frac{3,5^3 - 0,5^3}{3} = 36.$$

Die Belastung des Hinterflansches ist $\frac{1}{5}$ der ganzen Last $n = 5$, also nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{375}{3,14} \sqrt{\frac{8 \cdot 47000}{5 \cdot 1000000 \cdot 36}} = 5,4 \approx 6.$$

Einschließlich derjenigen am oberen und unteren Ende sind 8 Stegverbindungen im 1., 3., 5., 7., 9. und 11. Zwölftel der Länge anzugeben.

Beispiel 4. In eine 1 Stein starke Innenwand soll ein gusseiserner Ständer mit I-förmigem Querschnitt nach Fig. 561 (Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206) gestellt werden, dessen Flansche behufs bündigen Einputzens $1,8 \text{ cm}$ dick sein müssen; das Maß b für Nr. 6 ist also $25 + 1,8 = 26,8 \text{ cm}$ und $\delta = 1,8 \text{ cm}$. Der Ständer ist 450 cm hoch und (nach Fall II, $C = 10$) oben und unten verdrehbar geführt.

Die aufzunehmende Last ist $P = 36000$ kg; wie breit müssen die Flansche sein, d. h. wie groß ist das h in Nr. 6 zu machen? Die Zerknickungslänge ist nach Gleichung 191 (S. 212) aus Achse I in Nr. 6 für $m = 8$ fache Sicherheit und $s = 500$ kg für 1 qcm nach Gleichung 191:

$$l_1 = h \sqrt{\frac{10 \cdot 1000000 \cdot 0,0833}{8 \cdot 500}} = 14,4 h.$$

Wenn also die Stütze nur auf Druck zu berechnen sein sollte, so müsste die Flanscbreite $\frac{450}{14,4} = 31,2$ cm betragen; die Tragfähigkeit wäre dann aber $2 \cdot 1,8 \cdot 31,2 \cdot 500 = 56160$ kg.

Die Flansche werden daher schmaler zu machen, dann aber nach Gleichung 189 (S. 212) auf Zerknicken zu berechnen sein, und es folgt

$$F h^2 = \frac{8 \cdot 36000 \cdot 450^2}{10 \cdot 1000000 \cdot 0,0833} = 70012.$$

$$F \text{ ist } = 2 \delta h, \text{ also } 2 \cdot 1,8 \cdot h \cdot h^2 = 70012 \text{ und } h = \sqrt[3]{\frac{70012}{3,6}} = 27,0 \text{ cm.}$$

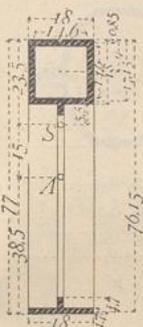
Damit die Steifigkeit der Achse II mindestens so groß sei, wie die für I , muss nach Nr. 6 $b \geq 0,577 \cdot 27 = 15,6$ cm betragen; der Ständer ist für Achse I bei $b = 26,8$, also jedenfalls zu steif.

Für die Berechnung der Verbindungsstege nach Gleichung 194 (S. 213) ist

$$n = 2, i = \frac{27 \cdot 1,8^3}{12} = 13, \text{ also } N = \frac{450}{3,14} \sqrt{\frac{8 \cdot 36000}{2 \cdot 1000000 \cdot 13}} = 14,9 \approx 15.$$

Abgehen von den beiden an den Enden sind somit 15 Stege in den ungeraden Dreißigsteln einzugießen.

Fig. 563.



Statt dieser 17 Stege wird man hier einen vollen Steg zwischen die Flansche gießen, oder man versteht jeden Flansch, wie in Beispiel 3 (Fig. 563 u. 564), mit einer durchlaufenden Rippe und bringt dann Verbindungsstege in weiterer Teilung an, die zu berechnen ist, wie in Beispiel 3.

Beispiel 5. Hier möge die in Art. 284 (S. 213) besprochene schiefe (exzentrische) Belastung der Stützen berücksichtigt werden. Auf die Freistützen des Beispiels 3 sei die Last von 47000 kg so gelagert, dass sie in der geometrischen Mitte A (Fig. 563) der Tiefe von 77 cm angreift. Hier ist $F = 3 \cdot 18 \cdot 1,7 + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 = 141$ qcm; der Abstand x_0 des Schwerpunktes von der Vorderkante folgt aus

$$x_0 = \frac{18 \cdot 1,7 (0,85 + 17,15 + 76,15) + 2 \cdot 14,6 \cdot 1,7 \cdot 9}{141} = \approx 23,5,$$

somit ist für die Zugseite $e = 23,5$ cm, für die Druckseite $e = 77 - 23,5 = 53,5$ cm; das Trägheitsmoment für die Schwerpunktsachse, welches berechnet werden muss, weil hier Gleichung 195 (S. 213) zur Verwendung kommt, ist

$$J = 18 \frac{23,5^3 - 21,8^3 + 7,2^3 - 5,3^3 + 53,5^3 - 51,8^3}{3} + 2 \cdot 1,7 \frac{21,8^3 - 7,2^3}{3} = 113096 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Die größten Spannungen sind demnach nach Gleichung 195

$$\sigma = \frac{47000}{141} \left(1 + \frac{15 \cdot 53,5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}} \right) = 670 \text{ kg Druck an der Innenseite}$$

und

$$\sigma = \frac{47000}{141} \left(1 - \frac{15 \cdot 23,5 \cdot 141}{113096 - \frac{47000 \cdot 375^2}{8 \cdot 1000000}} \right) = 185 \text{ kg Druck ausen.}$$

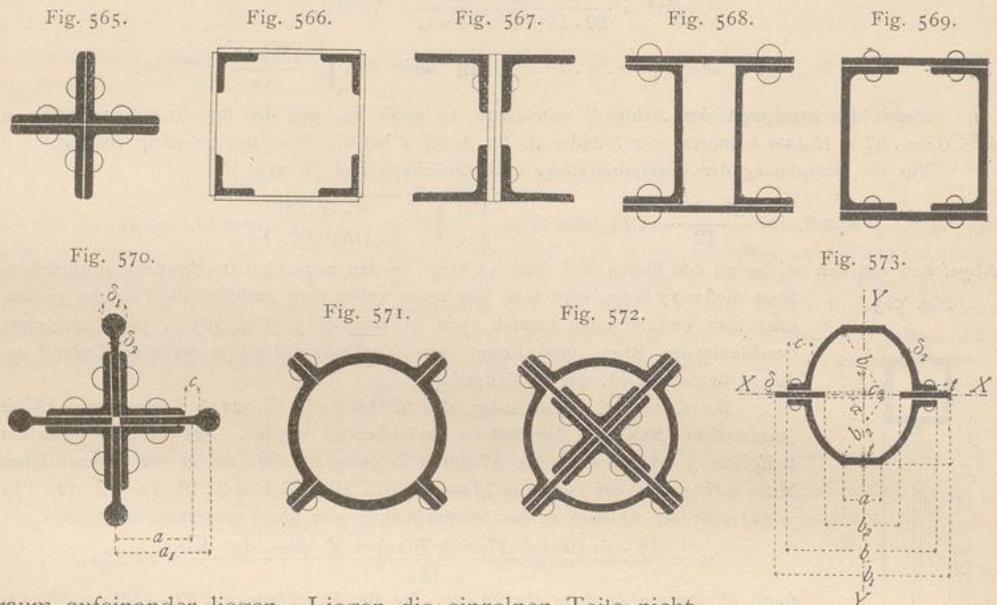
Die Stütze genügt demnach eben für die schiefe Belastung. Die stärkere Belastung des Innenflansches hat nun aber nach Maßgabe der Gleichung 194 (S. 213) eine entsprechende Vermehrung der Verbindungsstege zur Folge.

c) Freistützen in Schweißseifen.

Schweißseiferne Stützen bestehen ausschließlich aus Walzquerschnitten, und zwar sind für ganz leichte Stützen I- und C-Profile zu verwenden; schwerere werden durch Vernieten mehrerer Walzeifen hergestellt.

290.
Querschnitt.

Da die Teile eines Querschnittes ohne offenen Schlitz fest aufeinander genietet werden, da aber die mit Rücksicht auf dichten Schlufs der Fuge zu verwendende Heftnietteilung (siehe Art. 209, S. 153 u. Art. 244, S. 183) von $6d$ bis $8d$ kleinere Abstände der Verbindungen liefert, als die Rücksicht auf Widerstand der einzelnen Teile gegen Zerknicken, so braucht die Anzahl der Verbindungen bei dicht geschlossenen Querschnitten nicht nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet zu werden. Demnach kann der Gesamtquerschnitt mit seinem Trägheitsmoment bei der Berechnung ohne weiteres benutzt werden, sobald die einzelnen Teile ohne Zwischen-

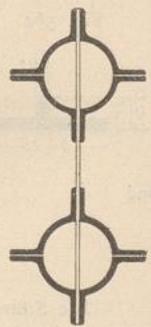


raum aufeinander liegen. Liegen die einzelnen Teile nicht unmittelbar aufeinander, so sind Gitterwerk oder einfache Querverbindungen erforderlich, deren Teilung dann wieder mindestens der Zahl N aus Gleichung 194 entsprechen muß.

Außer den einheitlichen Walzquerschnitten, nämlich den I-, C- und für schwache Stützen den +-Eisen¹¹⁴⁾, deren Berechnung ganz nach den obigen Regeln durchgeführt werden kann, sind neben den in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angeführten Walzeisen namentlich die in Fig. 565 bis 577 dargestellten zusammengesetzten Querschnitte verwendbar.

Gemeinsame Eigenschaft der meisten genieteten Querschnitte sind die durch die Verbindungsteile entstehenden, vorspringenden Rippen, die in der Ansicht nicht eben günstig wirken, aber nur bei so großem Umfange zu vermeiden sind, daß das Innere zugänglich wird. Querschnitte, wie Fig. 569 (Berliner Stadt-Eisenbahn), sind nur in kurzen Stücken herzustellen, und selbst dann bedingt die Nietung der zweiten Platte besondere Vorkehrungen und teure, weil mühsame Ausführung. Aus dem gleichen Grunde sind kreisrunde Stützen aus genietetem Bleche mit kleinem Durchmesser

Fig. 574.

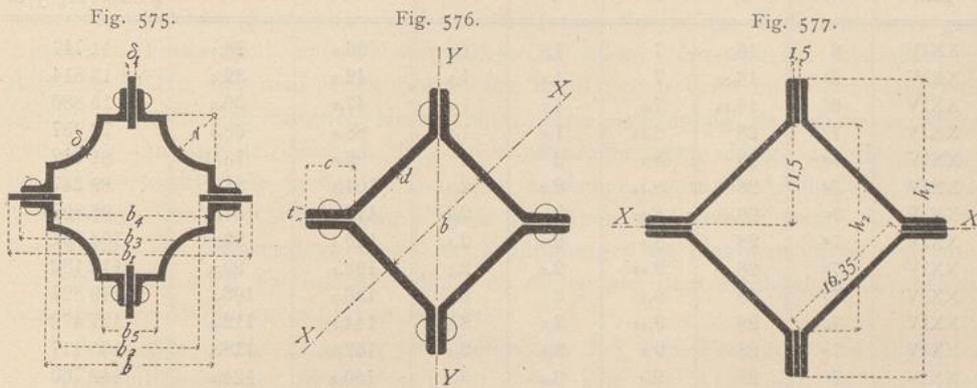


¹¹⁴⁾ Ueber starke +-Eisenprofile nebst zugehörigen Köpfen und Füßen siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 352 — ferner: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 936; 1886, S. 40.

felten, auch nicht zu empfehlen, da die zur Mitte nicht allseitig symmetrischen Nietnähte den Querschnitt schief machen.

Die Grundformen für die Querschnittsbildung schweißseiferner Freistützen sind:

297.
Querschnitt
bildung.



1) das gleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 565, 566, 570 u. 572, siehe die Normalprofile in Teil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«, ferner Nr. 7, 8, 9, 10, 28 u. 29 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211);

2) das ungleichschenkelige Winkeleisen (Fig. 567, siehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 11, 12, 13, 14, 26 u. 27 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211);

3) das L-Eisen (Fig. 568 u. 569, siehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 19, 20, 21 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211);

4) das I-Eisen (siehe die Normalprofile ebendaf., ferner Nr. 22 u. 23 der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211, endlich auch Fig. 578);

5) die Blechplatte als Außenplatte (Fig. 568 u. 569) oder als Einlage (Fig. 572);

6) das Bandeisen selbständig nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 oder als Einlage im Schlitz zwischen den übrigen Teilen (z. B. dargestellt in Fig. 573, 575 u. 577, ebenso einzulegen in die Querschnitte Fig. 571 u. 576);

7) das Bandeisen mit Rundstab (*fer plat à boudin*, Bulbeisen, Fig. 570) zur Ausfüllung von Schlitzten und Verstärkung des äußeren Umfanges, vorwiegend in Frankreich und im Schiffsbau angewendet;

8) das Quadranteisen (Fig. 571, 572 u. 574, siehe die Normalprofile im genannten Bande, die bequemste Form

für cylindrische Freistützen, sehr gebräuchlicher Querschnitt amerikanischer Konstruktionen;

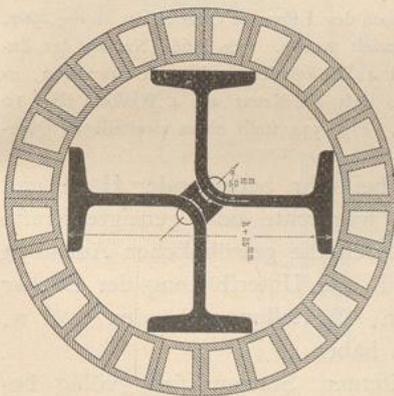
9) das Belageisen (Fig. 573), siehe die Normalprofile ebendaf., welches einen ungewöhnlich lang gestreckten Querschnitt und, wegen der schmalen Flansche, eine schwierige Vernietung ergibt;

10) das Quadranteisen mit doppeltem Winkel (Fig. 575, Völklinger Hütte), welches im Handel nicht stets zu haben ist, indes durch verschiedenartige Zusammenfassung die Bildung einer großen Zahl von zweckmäßigen Querschnitten gestattet;

11) das Trapezeisen oder schiefwinkelige Rinneneisen (Fig. 576 u. 577), welches u. a. von der Burbacher Hütte in den auf S. 222 angegebenen Profilen hergestellt wird.

12) Einen eigenartigen Stützenquerschnitt aus 2 zwischen Walzen verbogenen I-Eisen, Patent *Jones & Laughlins*, zeigt Fig. 578. Der Querschnitt ist leicht herzustellen und offenbar sehr steif. Fig. 578 zeigt ihn mit feuerfesterer Umhüllung, wie er von den Patentinhabern in Chicago für die Stützung von Gebäuden verwendet wird, die außer dem Erdgeschofs noch 16 Geschosse übereinander enthalten. Das kleine Einzelfstück in der Mitte ist gleichfalls ein Walzeisen.

Fig. 578.



Schiefwinkelige Rinneneisen der Burbacher Hütte.

Profil		Bezeichnung nach Fig. 576:				Querschnitt	Gewicht	Trägheitsmoment für die Achsen <i>XX</i> oder <i>YY</i> für 4 Eifen (Fig. 576)
Blatt	Nr.	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>t</i>			
XXIV	6	16,35	7	1,3	1,3	36,9	28,6	11 747
XXIV	6 ^a	16,35	7	1,5	1,5	42,0	32,6	13 814
XXIV	6 ^b	16,35	7,3	1,7	1,7	47,2	36,6	15 880
XXIV	7	28	8,35	1,8	1,8	88,8	68,9	73 957
XXIV	7 ^a	28	8,5	2	2	96,8	75,1	81 602
XXIV	7 ^b	28	8,63	2,2	2,2	104,8	81,3	89 247
XXIV	7 ^c	28	8,77	2,4	2,4	112,8	87,5	96 892
XXIV	7 ^d	28	8,9	2,6	2,6	120,8	93,7	104 537
XXIV	7 ^e	28	9,05	2,8	2,8	128,8	99,9	112 182
XXIV	7 ^f	28	9,2	3	3	136,8	106,1	119 827
XXIV	7 ^g	28	9,33	3,2	3,2	144,8	112,3	127 472
XXIV	7 ^h	28	9,5	3,4	3,4	152,8	118,5	135 117
XXIV	7 ⁱ	28	9,6	3,6	3,6	160,8	124,7	142 760
Centimeter						Quadrat-Centimeter	Kilogramm	

Außer diesen Profilen, welche noch eine große Zahl von anderen Zusammenstellungen gestatten, kann noch eine weitere Reihe ausgebildet werden, indem man 2, 3, 4 oder noch mehrere dieser Stützen durch Gitterwerk zu gegliederten Freistützen verbindet (Fig. 574) oder in die Hohlräume der einfachen Querschnitte noch Bleche und Winkeleisen einfügt (Fig. 572).

Einen Querschnitt ersterer Art bildet streng genommen schon der I-förmige Querschnitt in Fig. 567, welcher aus 2 T-förmigen Querschnitten mittels Vergitterung erzielt wurde. Fig. 566 (Nr. 29 der Zusammenstellung auf S. 211) zeigt einen Quadratquerschnitt aus 4 Winkeleisen und 4 Gitterwänden, in welchem die Winkeleisen sehr häufig umgedreht erscheinen, so daß ein Kreuz aus 4 Winkeln (Nr. 10 derselben Zusammenstellung) mit sehr breiten Schlitzten entsteht. Fig. 574 stellt einen zweiteiligen Querschnitt aus 2 Quadranteisensäulen dar.

Derartige Anordnungen werden jedoch nur bei sehr bedeutender Höhe und Belastung und namentlich dann verwendet, wenn wagrechte oder geneigte Kräfte auf die Freistütze wirken. Ihre Anwendung wird durch die gewöhnlichen Aufgaben des Hochbaues nur selten bedingt; sie kommen z. B. zur Unterstützung der Dächer weiter Hallen, also in Bahnhof, Markt-, Festhallen, Ausstellungsgebäuden u. f. w. vor, wo sie die seitlichen Winddrücke aufzunehmen haben.

292.
Ausstattung.

Für die äußere Ausstattung der schweißeisernen Stützen sind völlig befriedigende Formen bisher nicht gefunden, da fast alle Querschnitte die mageren Eisdicken zeigen und sich daher den kräftigeren Formen steinerner oder hölzerner Konstruktionssteile schlecht anschließen¹¹⁵⁾. Das Walzverfahren gestattet nur die Herstellung völlig prismatischer Formen. Verjüngungen und Schwellungen können bloß durch Verwendung schwieriger Herstellungsverfahren (Berliner Stadteisenbahn: trapezförmig geschnittene Platten für Fig. 569, keilförmig geschmiedete Einlagestreifen für Fig. 576) mit vergleichsweise hohen Kosten erzielt werden; verzierende Teile müssen aus anderweitigen Baustoffen (Zink, Zinkguss, Gufseisen) gebildet und mittels Verschraubung angefügt werden. Die Nietköpfe verschwinden durch Versenkung.

¹¹⁵⁾ Vergl. auch:

HEUSER, G. Ueber Pfeiler von verschiedenseitiger Struktur. Deutsche Bauz. 1881, S. 344; 1882, S. 468.

Schmiedeeiserne Säulen aus Quadrant-Eisen und Verkleidung eiserner Stützen. Deutsche Bauz. 1884, S. 225.

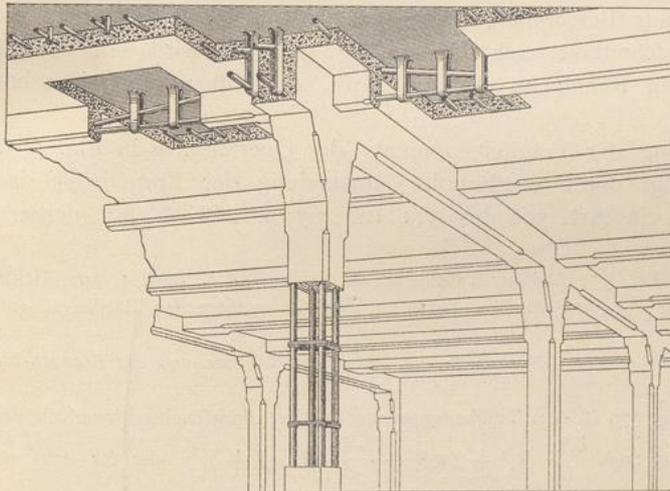
KOULLE, H. Schmiedeeiserne Stützen aus Quadranteisen und L-Eisen. Deutsche Bauz. 1884, S. 235.

Zur völligen Befeitigung dieser Schwierigkeiten sind zuerst in Amerika Umarmungen mit vollen oder hohlen Thonplatten vorgenommen worden, welche mittels Blechklammern an besonderen Befestigungsteilen, auch wohl an den Nietköpfen aufgehängt, dann in den Fugen verstrichen oder ganz geputzt sind, die Stütze auch ganz frei umgeben (Fig. 578). Auch das Einhüllen der Stütze in Betonkörper giebt wirkfamen Feuerschutz und ist vergleichsweise billig. So entsteht scheinbar eine steinerne Stütze, der man jedes gewünschte Profil geben kann und deren feuerfester Mantel zugleich den eisernen Kern schützt. Die Anordnung ist jedoch verwickelt und teuer und hat den Mangel, dafs bei Wärmeänderungen infolge der Bewegungen des Eisens leicht Risse in den Plattenfugen entstehen, wenn die Umhüllung in fester Verbindung mit der Stütze steht. Diese Bedenken sind jedoch heute so weit beseitigt, dafs die Verwendung feuerfester Umhüllungen an manchen Orten behördlich vorgeschrieben wird für solche Stellen, an denen aus dem Nachgeben der Stützen Gefahren für Menschen entstehen können.

An dieser Stelle ist noch eine besondere Art von Freistützen zu erwähnen, die Verbundstützen der *Hennebique*-Bauart¹¹⁶⁾. Wie Fig. 579 zeigt, bestehen diese aus einem Gerippe von Rundeisen oder auch nur Drähten, welche durch Bandeisen

293.
Bauart
Hennebique.

Fig. 579.



oder Drahtschlingen gegeneinander festgelegt sind und ganz in Beton oder Zementmörtel eingehüllt werden.

Der Form nach kann man auf diese Weise sowohl Holz-, wie Steinstützen nachahmen; ersteres zeigt Fig. 579. Selbst durch an Querschnitt nur geringe Einlagen werden solche Stützen beträchtlich tragfähiger als solche aus Beton oder Mörtel ohne die Einlagen. Man kann höhere

Druckspannungen zulassen; namentlich wird auch die Widerstandsfähigkeit gegen Zerknicken erheblich höher als in gleichen Körpern ohne Einlagen. Solche Verbundstützen können daher verhältnismässig sehr schlank gefaltet werden. Während man besten Beton höchstens bis zu etwa 25 kg für 1 qcm belastet, hat es kein Bedenken, die Spannung in solchen Verbundkörpern auf 50 kg für 1 qcm und selbst höher steigen zu lassen.

Sie sind also sehr leistungsfähig und verdienen alle Beachtung. Da sie jedoch nicht eigentlich zu den eisernen Stützen gehören, so werden sie hier nicht eingehender behandelt, zumal sich ausführliche Mitteilungen darüber an anderer Stelle¹¹⁶⁾ dieses »Handbuches« finden.

¹¹⁶⁾ Eingehend behandelt in Teil III, Bd. 2, Heft 3, a (2. Aufl.) dieses »Handbuches«.

294.
Berechnung.

Für einfache Querschnitte erfolgt die Berechnung auf Zerknicken nach Ermittlung der Steifigkeitsziffer c (siehe Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 340, S. 303¹¹⁷) nach Gleichung 189 (S. 212) ganz so, wie dies in der Zusammenfassung auf S. 206 bis 211 für 29 Querschnitte durchgeführt ist und oben für gußeiserne Stützen gezeigt wurde. Indes ist die allgemeine Ermittlung von c nicht für alle Querschnittsarten möglich; alsdann tritt die Berechnung durch Versuchen mit vorläufigen Annahmen ein, indem man das erforderliche kleinste Trägheitsmoment nach Gleichung 193 (S. 213) bestimmt oder die zulässige Zerknickungsspannung s_z nach Gleichung 192 (S. 213) berechnet.

Dafs bei den einheitlich vernieteten Querschnitten wegen der engen Heftnietteilung die einzelnen Bestandteile nicht auf ihre Steifigkeit untersucht zu werden brauchen, ist auf S. 220 gesagt. Bei den mit Vergitterungen oder einfachen Querverbindungen hergestellten Querschnitten ist jedoch wieder die Anzahl der Verbindungen N nach Gleichung 194 (S. 213) zu bestimmen.

Die Berechnung auf Biegung bei schiefer oder geneigter Belastung erfolgt nach Gleichung 195 (S. 213), bezw. 196 (S. 214).

Bei Benutzung der Gleichungen 187, 190 oder 192 müssen die mit Hilfe der Steifigkeitsziffer c nach der Zusammenfassung auf S. 206 bis 211 nicht zu ermittelnden Trägheitsmomente aus den vorläufig angenommenen Querschnitten berechnet werden. Ueber diese Berechnung der Trägheitsmomente \mathcal{I} möge, soweit sie nicht durch die Querschnittsverzeichnisse unnötig gemacht wird oder durch Zerlegen der Querschnitte in Rechtecke erfolgen kann, zunächst noch einiges bemerkt werden.

Die genaue Berechnung der Trägheitsmomente der Querschnitte in Fig. 565, 566, 567, 568 u. 569 erfolgt durch wiederholte Anwendung der Formel für das Rechteck, wie es a. a. O. in Art. 308 bis 311 (S. 267 u. 268¹¹⁸) für mehrere Fälle durchgeführt ist.

Die Trägheitsmomente für Fig. 571 sind der Tabelle auf S. 197 in Teil I, Band 1, erste Hälfte dieses »Handbuches«¹¹⁹), jene für Fig. 576 der Tabelle auf S. 222 des vorliegenden Bandes zu entnehmen.

Querschnitte nach Fig. 572 bedingen gleichzeitige Benutzung der Tabellen und der Formeln für zusammengesetzte Querschnitte.

Für den Querschnitt in Fig. 570 ist dem Trägheitsmomente des Kreuzquerschnittes innerhalb der Winkelreifen für genaue Berechnung noch $\frac{\delta_1^2 \pi}{16} (\delta_1^2 + 8 a_1^2) + \frac{c \delta_2}{6} (12 a_1^2 + \delta_2^2)$ oder für sehr annähernde Berechnung $\frac{\pi \delta_1^2 a_1^2}{2} + 2 c \delta_2 a^2$ hinzuzufügen.

Beim Querschnitte in Fig. 573 ist nicht ohne weiteres für alle Fälle zu entscheiden, ob YY oder XX das Trägheitsmoment \mathcal{I}_{min} liefert. Bezeichnet \mathcal{I}_1 das Trägheitsmoment des einzelnen Belageisens für die zur Unterfläche gleich laufende Schwerachse und \mathcal{I}_2 für die dazu winkelrechte Mittelachse (vergl. den oben genannten Band, S. 196), so ist

$$\mathcal{I}_x = 2 \left[\mathcal{I}_1 + \frac{F (h + \delta)^2}{4} \right] + (b_1 - b_2) \frac{\delta^3}{12},$$

$$\mathcal{I}_y = 2 \mathcal{I}_2 + \delta \frac{b_1^3 - b_2^3}{12},$$

wenn F den Querschnitt eines Belageisens bezeichnet. Fehlt die Einlage, so setze man $\delta = 0$.

Für Querschnitte aus dem in Fig. 575 verwendeten Eisen muß das Trägheitsmoment für jede Form besonders berechnet werden. Für das gewählte Beispiel ist für jede durch den Mittelpunkt gehende Achse

¹¹⁷) 2. Aufl.: Art. 125, S. 105. — 3. Aufl.: Art. 141, S. 131.

¹¹⁸) 2. Aufl.: Art. 39 bis 43, S. 29 u. 30; 3. Aufl.: Art. 49 bis 56, S. 33 bis 37.

¹¹⁹) 2. Aufl.: S. 252.

$$\mathcal{J} = r \delta (r^2 \pi + 2 \pi b^2 - 8 r \delta) + \frac{1}{12} \left[\delta_1 (b_1^3 - b_2^3) + 2 \delta (b_3^3 + b_3^3 - \delta^3 - \delta_1^3) + (b_3 - \delta) (b^3 - b_4^3) + (b_3 - \delta) (\delta_1 + 2 \delta)^3 - \delta_1^3 \right] + (b_1 - b_2) \delta_1^3] .$$

Fehlen die Einlagen, so ist $\delta_1 = 0$ zu setzen.

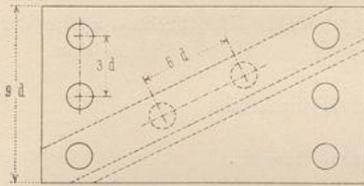
Die Hauptträgheitsmomente des Querschnittes in Fig. 578 sind, etwas zu gering ermittelt, diejenigen des ursprünglichen I-Eisens.

Schließlich sei noch erwähnt, dass in gedrückten Querschnitten die Nietlöcher in der Regel bei Berechnung der Flächen und Trägheitsmomente nicht abgezogen werden.

Dass die einzelnen Teile zusammengesetzter Querschnitte untereinander so verbunden werden müssen, dass der ganze Querschnitt wie ein geschlossener wirkt, wurde in Art. 283 (S. 213) bereits betont; hier ist nun noch die Art und Weise der Ausbildung und Einsetzung dieser Verbindungen zu erörtern.

Die Verbindung kann durch Einfügen eines engmaschigen Gitterwerkes zwischen die Teile erfolgen, und zwar muss diese Verbindungsart immer gewählt werden, wenn nicht bloß eine Längskraft in der Schwerachse des Körpers, sondern daneben auch noch irgend eine Biegemomente erzeugende Querkraft wirkt, da die Teile der Stütze in diesem Falle die Gurtungen eines gebogenen Trägers bilden, welche der Verbindung durch eine regelrecht gegliederte, zur Aufnahme der Querkraft befähigte Wand bedürfen.

Fig. 580.



Ist der Körper aber lediglich einer in oder nahe der Schwerachse wirkenden Längskraft ausgesetzt, so ist das verhältnismäßig teure und verwickelte Gitterwerk nicht nötig; man kommt dann mit einfachen Querverbindungen aus, deren Zahl N nach Gleichung 194 (S. 213) berechnet wird. Diese Querverbindungen sind für $N = 2$ in den ungeraden

Vierteln der ganzen Länge anzubringen, für $N = 3$ in den ungeraden Sechsteln, für $N = 4$ in den ungeraden Achteln, für $N = 5$ in den ungeraden Zehnteln u. s. w. Sie bestehen aus nicht zu schwachen, rechteckigen Blechflücken, welche mit jedem der zu verbindenden Teile mit drei Nieten in einer Reihe zu vernieten sind. Werden diese Querbleche bei großem Abstände der zu verbindenden Teile voneinander groß, so ist es zweckmäßig, sie durch in schräger Richtung aufgenietete Winkelabschnitte zu versteifen. Die beiden Enden jedes solchen Winkels werden am besten mit den entgegengesetzten, äußersten Nieten der beiden Reihen von je drei Nieten gefasst. Dazwischen setze man noch Heftniete in etwa $6 d$ Teilung in die Winkel (Fig. 580).

Beispiel 1. Eine Freistütze von $5,0^m$ Höhe zum Tragen von Deckenträgern soll nach dem Querschnitt Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 (Fig. 567) aus 4 Winkelblechen des Verhältnisses $1 : 1,5$ hergestellt werden. Die Stütze steht unten mit großer Grundplatte stumpf auf und ist oben verdrehbar am Ausweichen verhindert (Fall III, $C = 20$). Die Freistütze soll $P = 50000 \text{ kg}$ mit ($m =$) 5-facher Sicherheit tragen. Behufs Einbringens der Querverbindungen zwischen den Querschnittshälften soll in Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210: $k_1 = 0,3$ angenommen werden; demnach ist $c = 0,6613$.

Nach Gleichung 191 (S. 212) ergibt sich die Schenkelbreite h , welche das Zerknicken überhaupt ausschließt, nach

$$h_1 = h \sqrt{\frac{20 \cdot 2000000 \cdot 0,6613}{5 \cdot 1000}} = 72,7 h ,$$

wenn die zulässige Druckspannung s bei ruhiger Last zu 1000 kg für 1 qcm angenommen wird. Die Schenkelbreite müsste danach $h = \frac{500}{72,7} = 6,9 \text{ cm}$ sein. Das kleinste Winkelblech der bezeichneten Art oberhalb dieses Maßes ist das $8 \times 12 \times 1 \text{ cm}$ mit 19 qcm Querschnitt, und dieses würde $\frac{50000}{4 \cdot 19} = 658 \text{ kg}$

für 1 qcm Spannung ergeben, ist also zu schwer. Für alle kleineren Winkeleisen muß die Berechnung auf Zerknicken erfolgen.

Nach Gleichung 189 (S. 212) ist $4fh^2 = \frac{5 \cdot 50000 \cdot 500^2}{20 \cdot 2000000 \cdot 0,6613}$, also $fh^2 = 591$. Das leichteste Winkeleisen, das dem genügt, ist $6,5 \times 10 \times 1,1$ cm mit $f = 16,94$ qcm, folglich $fh^2 = 16,94 \cdot 6,5^2 = 716$; das nächst leichtere ist schon zu schwach. Die Freistütze ist also aus 4 solchen Winkeleisen mit $k_1 h = 0,3 \cdot 6,5 = 1,95 = \infty 2,0$ cm Schlitzweite zu bilden.

Nach Nr. 26 der Zusammenstellung auf S. 210 ist für $k_1 = 0,3$ $h = 2,039$ und somit die Stützenbreite zwischen den Außenkanten $h = 2,039 \cdot 6,5 = 13,2$ cm zu machen, wenn äußere Rückfluchten nicht ein größeres Maß verlangen; die Freistütze ist dann in allen Richtungen gleich steif.

Werden die beiden Winkeleisen einer Hälfte durch Stehniete in einer Teilung von etwa 16 d verbunden, so kommt es nun noch darauf an, die beiden Hälften zur Erzielung genügender Tragfähigkeit hinreichend oft in Verbindung zu bringen. Das kleinste Trägheitsmoment zweier Winkeleisen ist nach Nr. 12 der Zusammenstellung auf S. 207 für Achse I

$$i = 2 \cdot 16,94 \cdot 6,5^2 \cdot 0,231 = 2fh^2c = 330;$$

in Gleichung 194 (S. 213) ist ferner $n = 2$ für eine Stützhälfte; daher folgt

$$N = \frac{500}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 50000}{2 \cdot 2000000 \cdot 330}} = 2,19,$$

abgerundet auf 3. Somit sind drei Querverbindungen im 1., 3. und 5. Sechstel der Länge anzubringen.

Beispiel 2. Eine 630 cm lange, unten eingespante, oben verdrehbar gehaltene (Fall III, $C = 20$) Freistütze aus Quadranteisen (Fig. 571) hat 35000 kg bleibende und 24000 kg nicht stoßweise wirkende Verkehrsbelastung mit ($m =$) 5-facher Sicherheit zu tragen.

Nach Gleichung 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 251) dieses »Handbuches« müßte der reine Druckquerschnitt $\frac{35000}{1200} + \frac{24000}{720} = 62,5$ qcm betragen.

Nach Gleichung 193 (S. 213) ist das erforderliche kleinste Trägheitsmoment

$$J_{\min} = \frac{59000 \cdot 5 \cdot 630^2}{20 \cdot 2000000} = 2927 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Das Normalquadranteisen $7,5 \times 1,0$ cm genügt mit $J = 2957$ auf Zerknicken eben, auf reinen Druck mit $F = 80,2$ qcm reichlich und ist somit für die Stütze ausreichend.

Beispiel 3. Für 60000 kg bleibende und 40000 kg Verkehrslast soll eine 800 cm lange, oben und unten verdrehbar gehaltene (Fall II, $C = 10$) Freistütze nach Fig. 577 mit $1,5$ cm starken Einlagen ausgebildet werden.

Der reine Druckquerschnitt ist nach der eben genannten Gleichung in Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« $\frac{60000}{1200} + \frac{40000}{720} = 105,5$ qcm.

Wird vorläufig das Trapezeisen Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 222 gewählt, so ist das Trägheitsmoment XX (Fig. 577) bei $h_1 = 2 \frac{16,35}{1,414} + 2 \cdot 7 + 1,5 = 38,5$ cm und $h_2 = 38,5 - 14 = 24,5$ cm

$$\begin{aligned} J_x &= 11747 + 4 \cdot 16,35 \cdot 1,5 \left[\left(\frac{11,5 + 1,5}{2} \right)^2 - \left(\frac{11,5}{2} \right)^2 \right] + 4 \cdot 7 \cdot 1,5 \left[\left(\frac{1,5 + 1,5}{2} \right)^2 - \left(\frac{1,5}{2} \right)^2 \right] \\ &+ 4 \cdot 7 \cdot 1,5 \left[\left(11,5 + 3,5 + \frac{1,5}{2} \right)^2 - (11,5 + 3,5)^2 \right] + 1,5 \frac{38,5^3 - 24,5^3}{12} + 2 \cdot 7 \cdot \frac{1,5^3}{12}, \\ &= 11747 + 781 + 56 + 837 + 5295 + 4 = 18720 \text{ (auf Centim. bezogen);} \end{aligned}$$

$$F = 4 \cdot 36,9 + 4 \cdot 7 \cdot 1,5 = 189,6 \text{ qcm.}$$

Nach Gleichung 192 (S. 213) wird die zulässige Zerknickungsspannung

$$s_x = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 18720}{5 \cdot 800^2 \cdot 189,6} = 617 \text{ kg für 1 qcm.}^1$$

Der Querschnitt muß somit $\frac{60000 + 40000}{617} = 162$ qcm betragen, während $189,6$ qcm vorhanden sind.

Da mit Verchwächung der Einlagen J_x kleiner, also s_x und somit der erforderliche Querschnitt größer wird, so kann man die Einlagen nicht etwa einfach um den Unterschied von $189,6 - 162 = 27,6$ qcm

schwächen; vielmehr wird der richtige Wert zwischen beiden liegen, und man wird die Einlagen etwa mit 7.1 cm ausführen können, wobei man mit

$$189,6 - 4 \cdot 0,5 \cdot 7 = 175,6 \text{ qcm}$$

Querschnitt jedenfalls eine hinreichend starke Stütze erhält.

Beispiel 4. Eine Freistütze für das Dach einer Vorfahrt von $l = 5 \text{ m}$ Höhe soll mit ($m =$) 5-facher Sicherheit und bei Querschnittsbildung nach Nr. 20 der Zusammenstellung auf S. 209 aus 2 \square -Eisen eine Last $P = 4000 \text{ kg}$ tragen. Die Stütze steht unten mit breitem Fusse stumpf auf und ist oben ganz frei (Fall I, $C = 2,5$). Die beiden \square -Eisen sollen so weit voneinander stehen, daß das Trägheitsmoment für die Achse II mindestens ebenso groß wird, wie für I (Nr. 20 der gedachten Zusammenstellung). Dann ist die für das Trägheitsmoment maßgebende Abmessung h und $e = 0,151$.

Nach Gleichung 189 (S. 212) muß sein

$$2fh^2 = \frac{5 \cdot 4000 \cdot 500^2}{2,5 \cdot 2000000 \cdot 0,151}, \text{ also } fh^2 = 3311 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Für \square -Eisen Nr. 12 ist $fh^2 = 17,04 \cdot 12^2 = 2460$ (auf Centim. bezogen)

» » » 14 » $fh^2 = 20,4 \cdot 14^2 = 4000$ » » »

Nr. 14 ist demnach zu wählen. Für Nr. 14 folgt nach Nr. 20 der Zusammenstellung auf S. 209 mit $k_1 = 0,62$ $\left[\sqrt{1,58 \left(\frac{14}{6} \right)^2 - 1} - 1 \right] = 1,07$ und somit die für $\mathcal{F}_I = \mathcal{F}_{II}$ auszuführende Schlitzweite

$$\delta_1 = k_1 b = 1,07 \cdot 6 = 6,42 = \infty 6,5 \text{ cm.}$$

Werden die Trägheitsmomente durch Nachrechnen geprüft, so ergeben sich nach der Tabelle für Normal- \square -Eisen $\mathcal{F}_I = 2 \cdot 609 = 1218$ (auf Centim. bezogen) und $\mathcal{F}_{II} = 2 \left[71 + 20,4 \left(\frac{6,5}{2} + 1,91 \right)^2 \right] = 1226$ (auf Centim. bezogen), also nicht ganz 0,7 Vohundert Fehler.

Hätte man von vornherein Gleichung 193 (S. 213) zur Berechnung von \mathcal{F}_{min} benutzt, so hätte man erhalten:

$$\mathcal{F}_{min} \geq \frac{4000 \cdot 5 \cdot 500^2}{2,5 \cdot 2000000} = 1000$$

für 2 \square -Eisen, was wieder zu Nr. 14 führt.

Die Zahl N der Querverbindungen folgt, da für ein \square -Eisen nach der Tabelle für Normal- \square -Eisen $i = 71$ und $n = 2$ ist, nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{500}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 4000}{2 \cdot 2000000 \cdot 71}} = 1,34 = \infty 2.$$

Demnach genügen, abgesehen von den Verbindungen an beiden Enden, zwei Verbindungen im 1. und 3. Viertel der Länge.

Beispiel 5. Für eine oben und unten verdrehbar geführte Stütze (Fall II, $C = 10$), welche $P = 70000 \text{ kg}$ mit ($m =$) 6-facher Sicherheit bei 800 cm Länge zu tragen hat, stehen Winkeleisen $11 \times 11 \times 1,2 \text{ cm}$ zur Ausbildung eines Querschnittes nach Nr. 29 der Zusammenstellung auf S. 211 (Fig. 566) zur Verfügung; wie weit sind die Winkeleisen auseinander zu rücken, und wie oft sind sie zu verbinden, damit die Stütze steif genug wird?

Für ein Winkeleisen ist $f = 25 \text{ qcm}$; die Druckspannung überschreitet also mit $\frac{70000}{4 \cdot 5} = 700 \text{ kg}$ für 1 qcm die zulässige Grenze nicht.

Nach Nr. 29 der Zusammenstellung auf S. 211 ist für die Quadratseite kh die Steifigkeitsziffer $e = 0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148)$; folglich lautet Gleichung 189 (S. 212) für diesen Fall bei $h = 11 \text{ cm}$

$$4 \cdot 25 \cdot 11^2 = \frac{6 \cdot 70000 \cdot 800^2}{10 \cdot 2000000 \left[0,177 + \frac{k}{4} (k - 1,148) \right]},$$

woraus $k = 2,59$ folgt.

Die Quadratseite des Querschnittes ist daher

$$kh = 2,59 \cdot 11 = 28,5 \text{ cm}$$

zu machen. Dies ist ausführbar, da der Querschnitt bei $28,5 - 2 \cdot 11 = 6,5 \text{ cm}$ lichtem Zwischenraume zwischen den Schenkeln für Nietung und Unterhaltung hinreichend zugänglich bleibt.

Für das einzelne Winkeleisen ist nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206 und Gleichung 188 (S. 205)

$$i = 0,0381 \cdot 25 \cdot 11^2 = 115 \text{ (auf Centim. bezogen),}$$

fomit nach Gleichung 194 (S. 213) bei $n = 4$

$$N = \frac{800}{3,14} \sqrt{\frac{6 \cdot 70000}{4 \cdot 2000000 \cdot 115}} = 5,5 = \infty 6.$$

Außer den Endverbindungen müssen also noch 6 Verbindungen in den ungeraden Zwölfeln der Länge hergestellt werden, indem man je ein Rechteckblech mit 6 Nieten nach Fig. 580 auf jede der vier Seiten des Querschnittes legt.

d) Kopf der Freistützen.

297.
Ausbildung.

Die Durchbildung der Stützenköpfe hängt derart von der Gestalt des zu tragenden Teiles ab, daß eine allgemeine Behandlung nicht thunlich erscheint. Nur die folgenden Regeln sind für die Mehrzahl der Fälle gültig.

Reicht die Freistütze nur durch ein Geschoß, so lagere man die zu tragenden Teile so auf das obere Ende, daß die Last stets im Schwerpunkte des Stützenquerschnittes wirkt. Träger lagert man daher am besten auf flach abgerundete Schneidenplatten.

Reicht die Stütze durch mehrere Geschoße, so ist es bei Gufseisen in der Regel zweckmäßig, die die Last aufnehmenden Teile nicht in feste Verbindung mit der Stütze zu bringen, sondern einen geforderten Gufsring mit den nötigen Anfätzen¹²⁰⁾ um die Stütze zu legen, welcher sich auf einen Wulst der letzteren setzt. Man gelangt auf diese Weise unter allen Umständen zu einfachen Gufsformen und zur Möglichkeit der Erfüllung der letzten Regel, daß die Stützen verschiedener Geschoße thunlichst ohne Einfügen eines Zwischengliedes und ohne Querschnittschwächungen unmittelbar aufeinander stehen sollen.

Die Stützen verschiedener Geschoße werden in der Regel gefondert hergestellt und greifen in oder dicht über der Kopfkonstruktion falzartig mit abgedrehten Druckflächen unter Einlegen von Blei- oder besser Kupferringen ineinander. Nur bei leichten Stützen werden die die Last aufnehmenden Teile fest an die Stütze gegossen, wodurch der Gufs erschwert wird und die Gufspannungen sich erhöhen.

Bei schweißeisernen Stützen nietet man zur Aufnahme der Lasten Kragstücke in die Schlitz für die Füllstreifen, da diese fast stets zur Vergrößerung der Sicherheit gegen Zerknicken zugefügten Streifen am Kopfe nicht mehr erforderlich sind. Fehlen die Schlitz, so erfolgt die Befestigung an den vorspringenden Flanschen. Für die verschiedenen Geschoße sind auch diese Stützen neuerdings nach Abhobeln der Endflächen, nötigenfalls unter Einlegen von Kupfer, stumpf aufeinander gesetzt¹²¹⁾, und es werden alsdann Seitenverschiebungen durch Einsetzen vorspringender Lappen in den Fuß der oberen Stütze verhindert, welche in den Kopf der unteren greifen, oder es werden schweißeisernerne Platten eingelegt, welche dem Stützenquerschnitte entsprechend oben und unten mit dem Hobel ausgenutzt sind.

Das stumpfe Aufsetzen ist jedoch nur bei lotrecht belasteten Freistützen zulässig. Haben sie Biegung auszuhalten, so müssen gufseiserne Stützen entsprechend tief ineinander greifen (vergl. die Ausbildung der Füße unter e); schweißeisernerne sind entweder ohne Stofs durchzuführen oder, wenn sie zu lang werden, vollständig zu verlaschen.

¹²⁰⁾ Siehe die Konstruktion der Freistützen im Alhambra-Theater zu London in: *Engng.*, Bd. 37, S. 539 u. ff.

¹²¹⁾ Siehe die Konstruktion der Freistützen im Packhofe zu Berlin in: *Centralbl. d. Bauverw.* 1884, S. 375.

Geteilte Stützen können, entsprechend der Abnahme der Last, von unten nach oben in den Geschossen schrittweise verschwächt werden.

Beispiele von Einzelausbildungen der Stützenköpfe werden im nächsten Bande, Heft 3 (Abt. III, Abfchn. 2, A, Kap. 1) dieses »Handbuches« mitgeteilt werden.

Ausdrücklich gewarnt werden muß vor dem weit verbreiteten Auflegen von Trägern auf die volle Kopffläche oder gar auf weitausladende Auskragungen an den Stützenköpfen, welches nahezu in allen Fällen Kantendrucke, also schiefe Belastungen der Stützen zur Folge hat. Wenn dieser weit verbreitete Fehler nicht öfter Unfälle hervorruft als der Fall ist, so liegt die Ursache in dem hohen Sicherheitsgrade, mit dem die Stützen ausgebildet werden, der dann aber durch das Begehen dieses Fehlers ganz oder nahezu verloren geht. Da nun die hohe Sicherheit nicht dieses Punktes wegen, sondern zur Deckung einer ganzen Reihe anderer ungünstiger, aber unvermeidlicher Umstände gegeben wird, so ist es höchst bedenklich, sich bei Einführung dieser zwar einfachen, bequemen und billigen, aber fehlerhaften Art der Lagerung auf den rechnermäßigen Sicherheitsgrad zu verlassen.

e) Fuß der Freistützen.

Jede Freistütze bedarf eines Fußes, welcher die Aufgabe hat, die hohe Pressung in der Stütze durch Verbreiterung der Unterfläche auf die geringere zu ermäßigen, welche auf Quader, Mauerwerk und Baugrund ausgeübt werden darf¹²²⁾. Im weitesten Sinne besteht daher der Fuß bei schweren Freistützen aus der eisernen Druckplatte, dem Grundquader und dem Fundamentmauerwerke, von welchen Teilen jedoch häufig einer — am häufigsten der Quader — fehlt.

Der hier zu betrachtende Fuß der Freistütze im engeren Sinne ist die Druckplatte, welche die Pressungsverteilung auf den Quader oder das Mauerwerk bewirkt. Ihre Ausbildung hängt wesentlich davon ab, ob lediglich lotrechte Kräfte wirken und zugleich die Freistütze verdrehbar aufgestellt sein soll (Druckplatte), oder ob die Stütze gegen Biegung oder Ausweichen beim Zerknicken eingespannt sein soll (Ankerplatte).

1) Füße gußeiserner Stützen.

a) Druckplatten.

Für leichte Gußstützen gießt man diese mit der Stütze selbst zusammen, wobei jedoch die Endöffnungen hohler Stützen des Gußverfahrens wegen frei bleiben. Querschnitte nach Fig. 557 u. 558 erhalten quadratische, nach außen vorfringende Platten; bei solchen nach Fig. 559 bis 562 verbindet man die einzelnen Teile des Querschnittes durch eine nötigenfalls über diese noch vorfringende Bodenplatte.

Bezeichnet σ' die zulässige Pressung auf die Unterstützung (Quader oder Mauerwerk), so muß die Plattengrundfläche

$$F = \frac{P}{\sigma'} \dots \dots \dots 201.$$

¹²²⁾ Wie aus Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte, aus der nächsten Abteilung des vorliegenden Bandes und aus dem darauf folgenden Bande dieses »Handbuches« hervorgeht, beträgt die zulässige Pressung im Mittel für Quader 20 bis 50 kg, für Klinkermauerwerk in Zement 15 kg, für Mauerwerk aus harten Backsteinen in verlängertem Zementmörtel 10 bis 12 kg für 1 qm, für gewöhnliches Backsteinmauerwerk 7 bis 8 kg, für Bruchsteinmauerwerk 6 bis 7 kg, für Beton 5 bis 6 kg, auf den Baugrund 0,5 bis 4 kg für 1 qm.

298.
Zweck
und
Ausbildung.

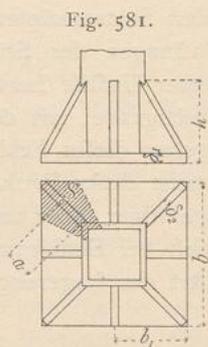
299.
Angegoffene
Druckplatten.

fein, oder bei quadratischer Form die Plattenföite b , wenn f der Querschnitt der Stützenh6hlung ist,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + f} \dots \dots \dots 202.$$

Zwischen Stütze und Platte werden, um das Abbrechen der letzteren zu verhüten, Rippen eingefetzt, und zwar gew6hnlich 4 oder 8; nur ganz kleine Platten, etwa als Fuß der Querschnitte von Fig 559, 561 u. 562 ausgebildet, entbehren solcher Rippen. Die Rippen werden so bemessen, daß sie allein schon das Abbrechen verhindern.

Zur Berechnung der Rippen bestimme man den Schwerpunkt S der durch eine Eckrippe zu unterstützenden Fläche (in Fig. 581 schraffiert); bei n Rippen wirkt dann bezüglich der Rippenwurzel die Kraft $\frac{P}{n}$ am Hebelsarme a , und die Rippenabmessungen folgen bei 250 kg zuläffiger Zugbeanspruchung des Gußeisens alsdann aus



$$\delta_2 = 0,024 \frac{Pa}{nh^2} \text{ und } h = 0,155 \sqrt{\frac{Pa}{n\delta_2}}, \dots \dots 203.$$

worin δ_1 oder h den Verhältnissen entsprechend angenommen wird.

Die überall gleiche Plattendicke δ_1 folgt, wenn b_1 die gr6fste Rippenentfernung und σ' die Preffung unter der Platte ist, aus

$$\delta_1 \geq 0,043 b_1 \sqrt{\sigma'}; \dots \dots \dots 204.$$

jedoch ist δ_2 mindestens 1,5 cm zu machen.

Beispiel. Eine Kreisringstütze aus Gußeisen, welche unten mit angegoffenem Fuße stumpf aufsteht, oben ganz frei ist (Fall I, $C = 2,5$), hat bei ($l =$) 600 cm Höhe ($P =$) 20000 kg zu tragen, soll ($m =$) 8-fache Sicherheit und ($\delta =$) 1,8 cm Wandstärke haben. Bezeichnet d den gemittelten Ringdurchmesser, so ist nach Gleichung 189 (S. 212) für $F = d\delta\pi$ und $h = d$

$$d \cdot 1,8 \cdot 3,14 d^2 = \frac{8 \cdot 20000 \cdot 600^2}{2,5 \cdot 1000000 \cdot 0,125}, \text{ woraus } d = 32 \text{ cm.}$$

Der äußere Durchmesser ist also $32 + 1,8 = 33,8$ cm, der innere $32 - 1,8 = 30,2$ cm.

Die Untermauerung besteht aus gutem Backsteinmauerwerke; dann ist $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm. In

Gleichung 202 ist $f = 30,2^2 \frac{3,14}{4} = 716$ qcm, also die Seite der quadratischen Fußplatte

$$b = \sqrt{\frac{20000}{8} + 716} = 55,9 = \approx 56 \text{ cm.}$$

Bei $n = 8$ Rippen ist $b_1 = \frac{b}{2} = 28$ cm; folglich nach Gleichung 204: $\delta_1 = 0,043 \cdot 28 \sqrt{8} = 3,4$ cm.

Die Rippen sollen je $\delta_2 = 2,5$ cm stark fein; dann folgt ihre Höhe nach Gleichung 203, nachdem a besonders zu 10,5 cm ermittelt ist, mit

$$h = 0,155 \sqrt{\frac{20000 \cdot 10,5}{8 \cdot 2,5}} = 16 \text{ cm.}$$

300.
Gefonderte
Druckplatten.

Schwere Stützen nehmen durch angegoffene Füße zu schwierige Gufsformen an, und bei schweißeisernen, bei denen die Ausbildung schweißeiserner Druckplatten meist auf Schwierigkeiten st6fst, ist das Angiefsen überhaupt unm6glich. Man kommt auf diese Weise zu gefondert ausgebildeten Druckplatten, welche für nicht allzu schwere Lasten massiv mit 2 cm Randstärke, im Grundrisse meist genau oder annähernd quadratisch, ausgeführt werden, da diese Grundform gew6hnlich schon durch die der unterstützenden Steinkonstruktion bedingt ist. Die Stärke dieser

Platten wächst vom Rande bis zur Aufsenkante der Stütze an; unter der Stütze bleibt sie unveränderlich und wird nur durch einen der Hohlform der Stütze entsprechenden Wulst erhöht, welcher Verschiebungen der Stütze verhindert. Um die Stütze nach Verlegen der Platte noch genau einstellen zu können, ist dieser Wulst zu eng zu machen; der frei bleibende Zwischenraum wird nachträglich durch Bohr- löcher in der Stützenwandung mit Blei, Weißmetall oder Zement ausgegossen (Fig. 582). Für nicht hohle Stützenquerchnitte erhält die Platte meist eine dem Stützenquerchnitte entsprechende Nut, in welche die Stütze eingreift. Die Unterfläche der Stütze, sowie die Standfläche auf der Platte werden abgehobelt, bzw. abgedreht; auch hier ist eine Zwischenlage von Walzblei oder Kupfer zweckmäßig.

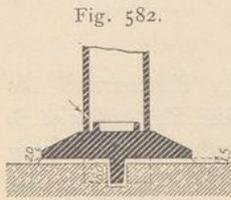
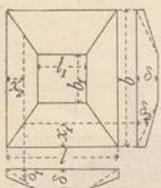


Fig. 582.

Die Platte wird 1,5 cm hohl auf Eisenkeilen verlegt, dann mit Zement vergossen und nach dem Erhärten des letzteren von den Keilen befreit. Es ist jedoch nicht leicht, das Vergießen so durchzuführen, daß keinerlei Hohlräume bleiben, deren Vorhandensein die Pressungsverteilung ungleichmäßig macht. Daher zieht man neuerdings vielfach trockene Zwischenlagen von etwa 2 mm dickem Walzblei zwischen Platte und Quader oder Mauerwerk vor, die alle Unebenheiten mit Sicherheit ausgleichen. Selbstverständlich müssen die Druckflächen vorher gut zugerichtet sein. Die gebräuchliche Befestigung der Platte durch Stein- schrauben nach unten ist überflüssig; will man sich gegen zufällige Seitenver- schiebungen sichern, so gebe man der Platte eine 5 bis 8 cm hohe Kreuzrippe nach unten, welche in eine entsprechende Nut der Unterlage greift und hier vergossen wird (Fig. 582). Das Vergießen wird hierdurch an sich erschwert, aber unvermeidlich, da die Rippen in ihren Nuten dicht schließen müssen, wenn sie ihren Zweck erfüllen sollen. Das Einlegen von Walzblei ist also bei Anordnung von Rippen nicht mög- lich. Ein gutes Ersatzmittel für die Rippen besteht darin, daß man halbkreis- förmige Kerben in die Plattenkanten gießt und entsprechende kreisrunde Stahldollen mit feinem Beton vor dem Verlegen der Platten im Mauerwerke oder im Quader feststampft. Dann kann auch wieder zu den Zwischenlagen aus Walz- blei gegriffen werden.

Fig. 583.



Die notwendige Grundfläche der vollen Platte (Fig. 583) ist

$$l b = F = \frac{P}{\sigma'}, \dots \dots \dots 205.$$

die Seite der quadratischen Platte

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \dots \dots \dots 206.$$

Die Plattenstärke ist theoretisch am Rande Null und ist übrigens für die allgemeine Form der rechteckigen Platte, bei welcher Ober- und Unterfläche nicht ähnlich sind, im Abstände x_1 , bzw. x_2 von den Kanten nach dem größeren Werte aus folgenden beiden Formeln zu bemessen:

$$\delta_1 = 0,1 x_1 \sqrt{\frac{\sigma' \frac{3l - 2x_1}{3} \frac{l - l_1}{b - b_1}}{l - 2x_1 \frac{l - l_1}{b - b_1}}} \text{ oder } \delta_2 = 0,1 x_2 \sqrt{\frac{\sigma' \frac{3b - 2x_2}{3} \frac{b - b_1}{l - l_1}}{b - 2x_2 \frac{b - b_1}{l - l_1}}} \quad 207.$$

Für die größte Plattenstärke ist

$$x_1 = \frac{b - b_1}{2} \quad \text{und} \quad x_2 = \frac{l - l_1}{2}$$

einzusetzen; die Gleichungen lauten alsdann:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{1,max} &= 0,05 (b - b_1) \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \left(1 + 2 \frac{l}{l_1}\right)}, \\ \delta_{2,max} &= 0,05 (l - l_1) \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \left(1 + 2 \frac{b}{b_1}\right)}. \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots 208.$$

In der Regel ist hierin für x_1 und x_2 der Abstand von Plattenrand bis Stützenrand einzuführen; der größere Wert giebt alsdann die größte Plattenstärke δ , welche geradlinig nach der Randstärke von 2 cm ausläuft. Große Platten kann man jedoch so formen, daß man von der Randstärke aus wagrechte Ebenen in die Kurven für δ_1 , bezw. δ_2 einschneiden läßt.

Schneiden die Gratlinien der Platten, wie meist der Fall, unter 45 Grad in die Ecken, so ist $l - l_1 = b - b_1$, und die Gleichungen lauten alsdann:

$$\delta_1 = 0,1 x_1 \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \frac{3l - 2x_1}{l - 2x_1}} \quad \text{und} \quad \delta_2 = 0,1 x_2 \sqrt{\frac{\sigma'}{3} \frac{3b - 2x_2}{b - 2x_2}} \dots \dots 209.$$

Ist schließlich die Platte quadratisch, also $l = b$ und $l_1 = b_1$, so werden δ_1 und δ_2 gleich; alsdann genügt eine der Formeln 209.

301.
Kreisrunde
volle
Grundplatten.

Nachdem die Masse d , d_1 und d_2 für die Stütze aus der Last P festgestellt sind, wird zunächst mit Bezug auf Fig. 584 und die oben verwendeten Bezeichnungen

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{P}{\sigma'}} \dots \dots \dots 210.$$

Bezeichnen ferner (Fig. 584) S_1 den Schwerpunkt der halben Kreislinie des Durchmessers d und S_2 den der Halbkreisfläche des Durchmessers D , so ist das Moment, welches die Platte mitten durchbrechen fucht,

$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{2D}{3\pi} - \frac{d}{\pi} \right), \dots \dots 211.$$

und bei der Zugspannung σ_g im Gußeisen ist dann die Dicke δ der Grundplatte zu berechnen nach

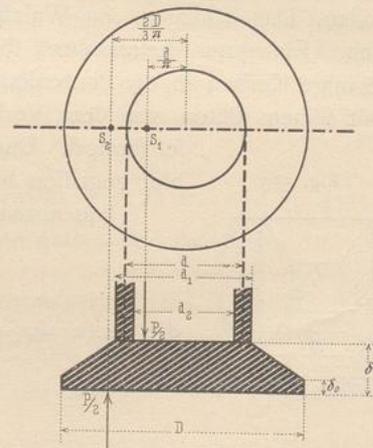
$$\delta = 0,7984 \sqrt{\frac{P}{\sigma_g} \frac{(2D - 3d)(2D + d_1)}{(D + d_1)^2 + 2Dd_1}}, \dots 212.$$

worin σ_g in der Regel = 250 kg für 1 qcm anzu-nehmen ist. δ_0 ist wieder so zu wählen, daß die Platte eben bequem zu gießen ist, jedoch nicht kleiner als 1,5 cm.

Beispiel. Eine Platte, welche als Seitenlängen der Stützfläche $b_1 = 20$ cm und $l_1 = 30$ cm, dabei wegen der Form des Mauerwerkes die ganze Breite $b = 50$ cm haben muß, hat 28000 kg zu tragen und ruht auf Mauerwerk, welches mit $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm belastet werden darf.

Nach Gleichung 205 ist $F = \frac{28000}{8} = 3500$ qcm, also $l \cdot 50 = 35000$ und $l = 70$ cm. Nach Gleichung 208 wird die größte Plattenstärke

Fig. 584.



$$\delta_{1max} = 0,05 (50 - 20) \sqrt{\frac{8}{3} \left(1 + \frac{2 \cdot 70}{30}\right)} = 5,835 \text{ cm} = \approx 5,9 \text{ cm}$$

und

$$\delta_{2max} = 0,05 (70 - 30) \sqrt{\frac{8}{3} \left(1 + \frac{2 \cdot 50}{20}\right)} = 8,0 \text{ cm}.$$

Letzteres ist auszuführen. Will man die Seitenflächen der Platten gekrümmt formen, so ergibt sich die Krümmung aus den größten Werten der Gleichung 207, indem man die zusammengehörigen Werte von x_1 und x_2 einführt.

Für schwere Freistützen liefern diese vollen Platten zu große Stärkenmaße; die Platten sind alsdann behufs Metallerparnis zu gliedern. Solche Platten kommen vorwiegend unter allseitig-symmetrischen Stützenquerschnitten vor (Fig. 557, 558, 559, 565, 570, 571, 572, 573, 575 u. 576); sie haben daher bei quadratischer Grundform einen meist kreisförmigen oder quadratischen Aufsatz mit Verstärkungsrippen, sind innen hohl, aber von oben zugänglich, um auch von der Mitte her vergossen werden zu können.

302.
Gegliederte
Druckplatten.

Fig. 585.

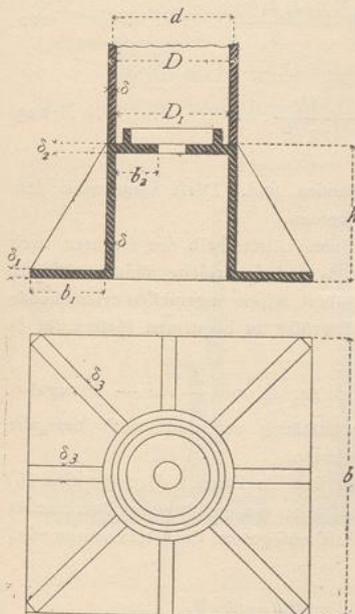


Fig. 585 zeigt eine derartige Platte für eine Freistütze mit kreisringförmigem Querschnitte; sie ist für andere um die Mitte symmetrisch entwickelte Querschnitte leicht umzuformen. Die Platte wird in der Quadratmitte von einem Moment M gebogen, dessen Kraft $\frac{P}{2}$ und dessen Hebelsarm dem Abstände des Schwerpunktes der halben Plattenfläche von dem des halben Kreisringes gleich ist; diesem Moment muß sie in solcher Weise Widerstand leisten, daß unten die für Gußeisen zulässige Zugspannung s_g nicht überschritten wird. Der Gang der Festlegung der einzelnen Abmessungen ist folgender.

Zunächst ist, mit Bezug auf Fig. 585,

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma'} + \frac{D_1^2 \pi}{4}} \dots \dots \dots 213.$$

zu machen; alsdann folgt

$$b_1 = \frac{b - D_1 - 2 \delta}{2} \dots \dots \dots 214.$$

Wird nun die Anzahl der Rippen der Dicke δ_3 zu n angenommen, so folgt die größte freitragende Weite l_2 der Plattenkante zwischen zwei Rippen aus

$$l_2 = \frac{4 b}{n}, \dots \dots \dots 215.$$

wenn jedenfalls Rippen nach den vier Ecken laufen.

Weiter ist die Dicke δ_1 der unteren Platte zu bestimmen nach

$$\delta_1 = 0,0577 l_2 \sqrt{\sigma'} \dots \dots \dots 216.$$

Alsdann bestimme man das Biegemoment M , welches die Fußmitten durchzubrechen strebt. Die Kraft dieses Moments ist $\frac{P}{2}$; der Hebel ergibt sich, wenn man vom Abstände des Schwerpunktes der halben Unterfläche des Fußes von der Mitte den Abstand des Schwerpunktes der halben Mittellinie des Stützenquerschnittes abzieht. In dem durch Fig. 585 dargestellten Falle ist der erstere Abstand

$$\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4 b^2 - \pi D_1^2} \text{ und der letztere } \frac{d}{\pi}.$$

In diesem Falle ist das Biegemoment demnach

$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} D_1^3}{4 b^2 - \pi D_1^2} - \frac{d}{\pi} \right) \dots \dots \dots 217.$$

Nun kann man zunächst für die Fußhöhe h Grenzen nach

$$h \geq \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \left(1 \mp \sqrt{1 - \frac{15 \delta}{b_1}} \right) \dots \dots \dots 218.$$

festlegen, worin δ in der Regel gleich der Dicke der Stützwand, welche darüber steht, jedoch jedenfalls so anzunehmen ist, daß

$$\delta < \frac{b_1}{15} \dots \dots \dots 219.$$

bleibt. Einen ungefähren Mittelwert, nämlich das Mittel aus den beiden Grenzen der Gleichung für h , liefert

$$h_{\text{mittel}} = \frac{b_1 \delta_1}{3 \delta} \dots \dots \dots 220.$$

Sind hiernach h und δ vorläufig festgelegt, so berechne man die Hilfsgrößen

$$A = 2 b_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2} \right) - \frac{3 \delta h^2}{5} \dots \dots \dots 221.$$

und

$$B = \frac{M h}{750} - \frac{26}{75} \delta h^3 - 2 b_1 \delta_1 \left(\frac{h}{5} - \frac{\delta_1}{2} \right)^2 - \frac{b_1 \delta_1^3}{6} \dots \dots \dots 222.$$

Mit Hilfe dieser berechne man alsdann b_2 und δ_2 nach

$$b_2 = \frac{A^3}{4 B \left(\frac{4}{5} A h - B \right)} \quad \text{und} \quad \delta_2 = \frac{A^2}{2 b_2 B}, \dots \dots \dots 223.$$

womit alle erforderlichen Einzelwerte bis auf die Rippendicke δ_3 gefunden sind. Diese kann nach dem Ausdrucke für δ_2 in Gleichung 203 (S. 230) zu Fig. 581 berechnet werden.

Die Gleichung 223 ist für eine nicht ganz zutreffende Wahl von h innerhalb der Grenzen nach Gleichung 218, bezw. 220 sehr empfindlich und liefert oft Werte für δ_2 und b_2 , welche nicht ausführbar sind. Man bilde dann das Produkt $\delta_2 b_2$, und wenn dieses eine für die obere Rippe angemessen erscheinende Flächengröße liefert, so forme man es unter Beibehaltung der Produktgröße zu bequemen Massen für δ_2 und b_2 um.

Giebt aber $\delta_2 b_2$ eine un Zweckmäßige Flächengröße, oder wird gar b_2 mit $\frac{4}{5} A h - B$ negativ, so war die gemachte Annahme von h zwischen dessen Grenzen un Zweckmäßig und muß nach Maßgabe der Erfahrungen an der ersten Rechnung für eine zweite berichtigt werden.

Beispiel. Für eine hohle Gußsäule von 850 cm Höhe ergibt sich im Falle II (S. 205; $C = 10$) bei 8-facher Sicherheit für eine Last ($P =$) 95 000 kg und 3 cm Wandstärke ein gemittelter Durchmesser $d = 29$ cm, also $D = 32$ cm und $D_1 = 26$ cm. Steht der zugehörige Fuß auf gutem Backsteinmauerwerke, so ist $\sigma' = 8$ kg für 1 qcm, also nach Gleichung 213 u. 214

$$b = \sqrt{\frac{95000}{8} + \frac{26^2 \cdot 3,14}{4}} = 112 \text{ cm} \quad \text{und} \quad b_1 = \frac{112 - 26 - 2 \cdot 3}{2} = 40 \text{ cm}.$$

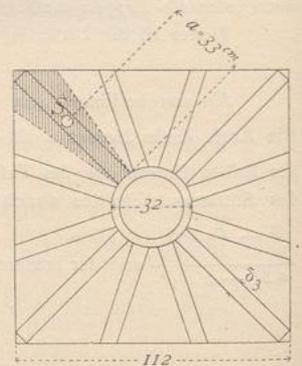
Damit wird aber der Bedingung $\delta < \frac{b_1}{15}$ nicht genügt; es soll daher δ im Fuße = 2,5 cm, folglich $D_1 = 32 - 5 = 27$ cm und $d = 29,5$ cm gemacht werden. Der Einfluß dieser Aenderung auf b kann vernachlässigt werden. Werden nun nach Fig. 586: $n = 12$ Rippen angenommen, so ist $l_2 = \frac{4 \cdot 112}{12} = 37,3$ cm und nach Gleichung 216: $\delta_1 = 0,0577 \sqrt{8 \cdot 37,3} = 6,057 = \approx 6,0$ cm.

Weiter ist das Biegemoment nach Gleichung 217

$$M = \frac{95000}{2} \left(\frac{112^3 - \frac{2}{3} 27^3}{4 \cdot 112^2 - 3,14 \cdot 27^2} - \frac{29,5}{3,14} \right) = 817000 \text{ cmkg}.$$

Nach Gleichung 220 ist ferner h_{mittel} zunächst mit $\frac{40 \cdot 6}{3 \cdot 2,5} = 32$ cm anzunehmen. Die Proberechnung ergibt hierfür jedoch einen negativen Wert für B , welcher zeigt, daß h zu groß angenommen wurde. Wird also $h = 31$ cm eingeführt, so wird nach

Fig. 586.



Gleichung 221: $A = 2 \cdot 40 \cdot 6 \left(\frac{31}{5} - \frac{6}{2} \right) - \frac{3 \cdot 2,5 \cdot 31^2}{5} = 94,5;$

Gleichung 222: $B = \frac{817000 \cdot 31}{750} - \frac{26 \cdot 2,5 \cdot 31^3}{75} - 2 \cdot 40 \cdot 6 \left(\frac{31}{5} - \frac{6}{2} \right)^2 - \frac{40 \cdot 6^2}{6} = 1595;$

Gleichung 223: $b_2 = \frac{94,5^3}{4 \cdot 1595 \left(\frac{4}{5} \cdot 94,5 \cdot 31 - 1595 \right)} = 0,1767 \text{ cm};$

Gleichung 223: $\delta_2 = \frac{94,5^2}{2 \cdot 0,1767 \cdot 1595} = 15,844 \text{ cm}.$

Diese Maße für δ_2 und b_2 erscheinen für die Ausführung unzweckmäßig; $b_2 \delta_2 = 0,1767 \cdot 15,844$ ist gleich $2,8 \text{ cm}$, und dieses Rechteck wird hergestellt, indem $\delta_2 = 1,4 \text{ cm}$ und $b_2 = 2,0 \text{ cm}$ gemacht wird. An der Richtigkeit der Rechnung wird durch diese Abänderung nichts Wesentliches geändert.

Schließlich ist noch die Rippendicke δ_3 nach Gleichung 203 (S. 230) zu berechnen; es ergibt sich

$$\delta_3 = 0,024 \frac{95000 \cdot 33}{12 \cdot 31^2} = 6,5 \text{ cm},$$

zu welcher Berechnung der Hebelsarm $a = 33 \text{ cm}$ (Fig. 581) für das Feld einer Eckrippe in Fig. 586 gefordert ermittelt ist.

Es ist nicht unbedingt erforderlich, den Aufsatz des Stützenfußes nach unten in der ganzen Ausdehnung D_1 nach Fig. 585 u. 592 völlig offen zu lassen. Es genügt, wie in Fig. 587, eine kleine Ausparung der Weite k zum Vergießen frei zu halten, namentlich wenn das Maß b_2 klein ausfällt, man also von oben her an den Innenraum des Aufsatzes herankommen kann. Diese Maßnahme gestattet eine Verkleinerung der Plattenbreite b , wodurch dann auch die Stützrippen kürzer und schwächer werden.

Hierbei werden in vorstehender Berechnung die nachfolgenden Abänderungen nötig. b ist, statt nach Gleichung 213, zu bestimmen nach

$$b = \sqrt{\frac{P}{\sigma_1} + \frac{k^2 \pi}{4}}; \quad \dots \quad 224.$$

ferner b_1 , statt nach Gleichung 214, aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2 \delta}{2} \quad \dots \quad 225.$$

und das Biegemoment M , statt nach Gleichung 217, nach

$$M = \frac{P}{2} \left(\frac{b^3 - \frac{2}{3} k^3}{4 b^2 - \pi k^2} - \frac{d}{\pi} \right) \quad \dots \quad 226.$$

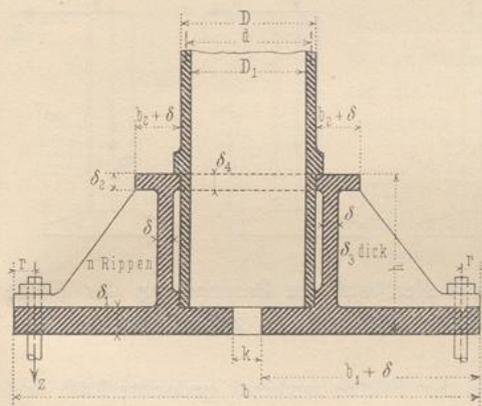
Alles übrige bleibt, wie oben. Demnach ist kurz überall für D_1 die Ausparungsweite k einzusetzen.

β) Ankerplatten.

Für feste Einpannung von Freistützen werden Ankerplatten verwendet; diese bedürfen daher unter Umständen der Verankerung nach unten (vergl. das in Art. 282, S. 202 über Fundamentanker Gefagte). Gufseiserne Stützen werden meistens eingespant, wenn man dadurch den Widerstand gegen Zerknicken (Fall III u.

303.
Gufseiserne
Ankerplatten.

Fig. 587.



IV, S. 205) erhöhen will; breite, mit dem Fusse stumpf aufgesetzte Stützen sind jedoch bei Belastung in der Schwerachse auch ohne besondere Verankerung als unten unverdrehbar befestigt anzusehen. Wirken aus schiefer Belastung entstehende erhebliche Momente auf die Stütze, so wird man meistens zu schweißeisernen Konstruktionen übergehen.

Im allgemeinen empfiehlt es sich, die Fußplatten für gusseiserne Stützen so groß zu wählen, daß sie auf der mindest belasteten Seite noch einen Gegendruck oder höchstens an der meist entlasteten Kante die Spannung 0 erleiden¹²³⁾; dann ist keinesfalls eine Verankerung nötig. Sehr häufig kann man jedoch bei so bemessener Plattengröße die zulässige Pressung auf der Unterlage σ_1 an der meist belasteten Kante nicht ausnutzen. Will man letzteres erreichen, so muß man die Platte kleiner machen; sie klappt dann an der mindest belasteten Kante auf und muß verankert werden.

Sollte jedoch die Pressung unter der meist belasteten Kante bei der die Verankerung eben überflüssig machenden Plattengröße den zulässigen Wert σ_1 schon überschreiten, so muß die Platte noch weiter vergrößert werden und bedarf dann um so weniger einer Verankerung.

Nachdem die Behandlung der durch außerhalb der Schwerachse belasteten, sowie der durch Last und wagrechte Kraft belasteten Stützen in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichungen 195 bis 199) vorgeführt ist, lassen wir hier die ausführliche Berechnung der Ankerplatten folgen, welche sich in vielen Teilen auf die Berechnung der Füße von in der Schwerachse belasteten Stützen (siehe Art. 302, S. 233, sowie die Gleichungen 213 bis 223) stützt.

P ist die lotrechte, in der Schwerachse der Stütze wirkende gedachte Last und P_1 das Eigengewicht der Stütze; M bezeichnet das auf die Stütze wirkende Moment der äußeren Kräfte, welches im Falle von Fig. 588 gleich Pu , im Falle von Fig. 589 gleich Mh_1 und im Falle von Fig. 590 gleich $Pu + Hh_1$ zu setzen und nach diesen Ausdrücken endgültig zu berechnen ist. $P + P_1$ mag noch gleich P_2 gesetzt werden.

Die Berechnung soll, den gewöhnlichen Ausführungsformen entsprechend, für eine im Grundrisse quadratische Platte der Seitenlänge b durchgeführt werden, welche zum Zwecke des Vergießens in der Mitte eine Oeffnung von so geringer Ausdehnung k hat, daß sie für die Pressungsverteilung vernachlässigt werden kann. Uebrigens ist die für Kreisring- und quadratische, aber auch für viele anders gestaltete Formen von gusseisernen Stützen übliche Form

Fig. 588.

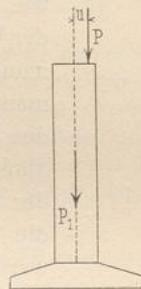


Fig. 589.

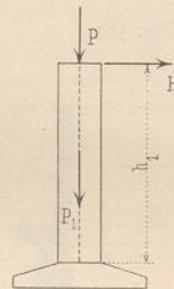


Fig. 590.

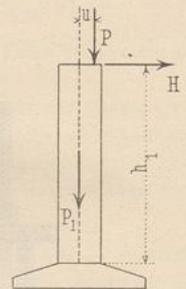
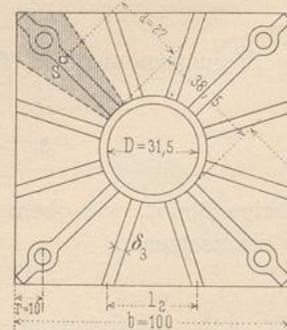


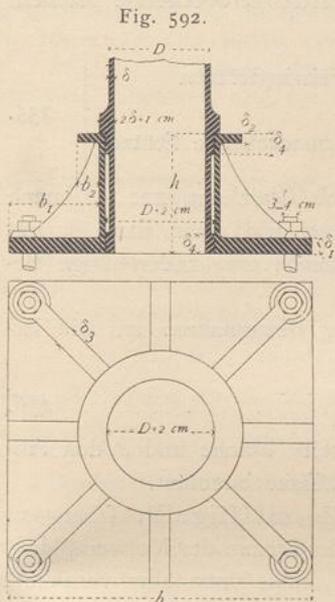
Fig. 591.



¹²³⁾ Siehe: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Gleichung 51, S. 273.

der Ankerplatte in Fig. 587 u. 591 dargestellt; diese soll der Berechnung zu Grunde gelegt werden. Die gemittelte Stützenbreite ist hier d genannt, während sie in Art. 284 u. 285 (S. 213 bis 215, Gleichung 195 bis 199) h hieß. Die Berechnungsgrundlagen werden gleichzeitig für kreisrunde und quadratische Stützen, nötigenfalls für beide getrennt angegeben.

Uebrigens kann auch der schief belastete Ankerfuß nach Fig. 592 nach unten ebenso ganz offen ausgeführt werden, wie der gerade belastete nach Fig. 585 (S. 233). In der Berechnung treten dann ähnliche Veränderungen ein, wie sie auf S. 235 in den Gleichungen 224 bis 226 zu den Gleichungen 213, 214 u. 217 angegeben sind. Doch bilden die Ankerfüße nach Fig. 587 so sehr die Regel, daß auf diese Veränderungen hier nicht näher eingegangen wird.



Die Grenzbreite der Platte, bei der eben noch keine Verankerung erforderlich ist, beträgt

$$b = \frac{6 M}{P_2}, \dots \dots \dots 227.$$

und die größte bei dieser Breite auftretende Preßung unter der Platte ist:

$$\sigma = \frac{P_2^3}{18 M^2} \dots \dots \dots 228.$$

Nun sind die beiden Fälle zu unterscheiden, daß das so ermittelte σ größer oder kleiner ist als σ_1 , nämlich als die für die Unterstützung der Platte zulässige Druckspannung.

α) σ (Gleichung 228) wird größer als die zulässige Preßung σ_1 . Alsdann muß die Platte behufs Ermäßigung der Druckspannung vergrößert werden; Verankerung ist nicht nötig. Die erforderliche Plattenbreite b folgt aus

$$b^3 - b \frac{P_2}{\sigma_1} = \frac{6 M}{\sigma_1} \dots \dots \dots 229.$$

Diese Gleichung ist durch versuchsweises Einsetzen mehrerer Werte von b zu lösen. Die schwächste Preßung an der entlasteten Kante ist dann

$$\sigma_2 = \frac{1}{b^2} \left(P_2 - \frac{6 M}{b} \right) \dots \dots \dots 230.$$

Das Moment, welches die Preßungen unter der Platte im Mittelquerschnitte der ganzen Platte erzeugen, ist

$$M_\sigma = \frac{b}{8} \left(P_2 + \frac{4 M}{b} \right) \dots \dots \dots 231.$$

Weiter bestimme man nun unter Annahme eines zweckmäßigen Wertes für k die Breite b_1 aus

$$b_1 = \frac{b - k - 2 \delta}{2} \dots \dots \dots 232.$$

Bei n Stützrippen des Plattenauffatzes folgt die Traglänge l_2 des unteren Plattenteiles zwischen zwei Rippen l nach Gleichung 215 und dann die Dicke δ_1 des unteren Plattenteiles für diesen Fall nach

$$\delta_1 = 0,0447 l_2 \sqrt{\sigma_1}; \dots \dots \dots 233.$$

ferner prüfe man, ob das angenommene $\delta < \frac{b_1}{15}$ ist, was der Fall sein muß; es

ist jedoch zweckmäfsig, δ nur wenig kleiner zu machen als $\frac{b_1}{15}$, und nun berechne man h_{mittel} aus Gleichung 220, wobei man das Rechnungsergebnis für h um 1,0 bis 1,5^{cm} nach unten abrundet.

Wird nun zwischen Stütze und Plattenrand der Laibungsdruck s_d zugelassen, so berechne man die Höhe δ_4 , in der die Stütze im Plattenrande anliegen mufs, nach

$$\delta_4 = \frac{h - \delta_1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4M}{D s_d (h - \delta_1)^2}} \right), \dots \dots \dots 234.$$

welcher Wert meist so klein ausfällt, dafs man ihn der Rechnung gegenüber zu grofs ausführen mufs.

Weiter bestimme man das den Mittelschnitt der Platte zerbrechende Moment M_1 nach

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für Kreisringstützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für quadratische Stützen} \end{aligned} \right\} 235.$$

und dann die Gröfsen A nach Gleichung 221, B nach Gleichung 222, b_2 nach Gleichung 223 und δ_2 nach Gleichung 223. In der Regel wird man dann δ_4 mit der Gröfse ausführen, die sich für δ_2 ergibt; doch ist auch eine anderweitige Bemessung möglich, wie Fig. 592 zeigt.

Schliesslich ist die Dicke der n Stützrippen unter Bezugnahme auf die Erklärung der einzelnen Gröfsen in Fig. 586 u. 591 nach

$$\delta_3 = 0,012 \frac{\sigma_1 f a}{h^2} \dots \dots \dots 236.$$

zu ermitteln, in der f die in Fig. 586 u. 591 überstrichelte Fläche und a den Abstand des Schwerpunktes S dieser Fläche vom Plattenaufsatze bedeutet.

β) σ (Gleichung 228) gleich oder gröfser als die zuläffige Pressung σ_1 . In diesem Falle kann die Platte gegen das Ergebnis der die Grenze der Notwendigkeit der Verankerung angehenden Gleichung 227 verkleinert, mufs dann aber verankert werden. Letzteres geschieht in der Regel nach Fig. 591 an den Enden der Eckrippen im Abstände r von der Plattenkante; es steht aber bei grofsen Platten auch nichts im Wege, am Ende jeder Rippe einen Anker anzubringen. Im folgenden werden sämtliche entlang der aufklaffenden Plattenkante angebrachten Anker zu der Gesamtkerwirkung Z im Abstände r von der Kante vereinigt gedacht (Fig. 587).

Zunächst ist hier die Plattenbreite b zu bestimmen aus

$$b^3 - b^2 \cdot 2r - b \left(\frac{3P_2}{2\sigma_1} - r^2 \right) = \frac{3}{\sigma_1} (M - Pr) \dots \dots \dots 237.$$

Ist b hiernach bestimmt, so folgt der Gesamtkerzug Z aus

$$Z = \frac{\sigma_1 (b - r) b}{2} - P \dots \dots \dots 238.$$

Das Moment der Pressung unter der Platte in Bezug auf den Mittelschnitt beträgt

$$M_\sigma = \frac{b^3 \sigma_1}{48} \frac{5b - 6r}{b - r} \dots \dots \dots 239.$$

Werden nun weiter b_1 nach Gleichung 232, l_2 nach Gleichung 215, δ_1 nach Gleichung 233, δ nach $\delta < \frac{b_1}{15}$ und h_{mittel} nach Gleichung 220 unter Abrundung um 1,0 bis 1,5^{cm} nach unten auf den Wert h und δ_4 nach Gleichung 234 bestimmt, so ist das die Platte mitten zerbrechende Moment

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= M_\sigma - \frac{P_2 d}{2\pi} - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für Kreisringstützen} \\ M_1 &= M_\sigma - \frac{3}{16} P_2 d - \delta_4 D s_d \left(\frac{4h}{5} - \frac{\delta_4}{2} \right) \text{ für quadratische Kastenstützen,} \end{aligned} \right\} 240.$$

nach dessen Festsetzung A aus Gleichung 221, B aus Gleichung 222, b_3 aus Gleichung 223 und δ_3 aus Gleichung 223 zu bestimmen sind. δ_3 folgt dann mit Bezug auf Fig. 586 u. 591 wieder aus Gleichung 236.

Beispiel. Zu der im Beispiele zu Art. 285 (S. 215) berechneten, von der wagrechten Kraft $H = 700$ kg gebogenen, $h_1 = 600$ cm hohen Gufsstütze, für die sich (mit Bezug auf Fig. 587) $d = 30$ cm, $D = 31,5$ cm und $D_1 = 28,5$ cm ergeben hatte, soll nun der Ankerfuß unter den Annahmen berechnet werden, daß die zulässige Pressung unter der Platte $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm, der Abstand der Anker von der Kante $r = 10$ cm und die Mittelaussparung $k = 9$ cm beträgt. Die Wandstärke δ des Plattenauffsatzes (Fig. 587 u. 592) wird zunächst mit $\delta = 2,5$ cm eingeführt.

Die ganze Last P_2 ist, wie früher angegeben, 20 000 kg und das Moment $M = 700 \cdot 600 = 420 000$ cmkg. Sollte keine Verankerung nötig sein, so müßte die Plattenbreite b nach Gleichung 227 betragen

$$b = \frac{6 \cdot 420 000}{20 000} = 126 \text{ cm,}$$

und die größte Pressung wäre dann nach Gleichung 228

$$\sigma = \frac{20 000^3}{18 \cdot 420 000^2} = 2,52 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Dies ist gegenüber der zulässigen Pressung $\sigma_1 = 12$ kg für 1 qcm zu gering; die Platte muß kleiner gemacht und daher verankert werden.

Die Plattenbreite folgt für die Bedingung $\sigma < \sigma_1$ aus Gleichung 237

$$b^3 - b^2 \cdot 2 \cdot 10 - b \left(\frac{3 \cdot 20 000}{2 \cdot 12} - 10^2 \right) = \frac{3}{12} (420 000 - 20 000 \cdot 10),$$

welche, wie leicht zu erkennen ist, die Lösung $b = 100$ cm ergibt. Demnach wird nach Gleichung 238 der Ankerzug $Z = \frac{12(100 - 10) \cdot 100}{2} - 20 000 = 38 000$ kg.

Werden vier Anker nach Fig. 591 in den Ecken angebracht, so ist jeder für $\frac{38 000}{4} = 9 500$ kg, bei 1000 kg für 1 qcm Spannung, also mit 19 qcm Querschnitt auszubilden. Dem entspricht der innere Gewindedurchmesser

$$d' = \sqrt{\frac{4 \cdot 19}{\pi}} = 4,9 \text{ cm;}$$

also sind die Verhältnisse der Schraube Nr. 18 der *Witworth*-Skala (S. 163) für die Anker zu verwenden. Kleinere Anker können benutzt werden, wenn z. B. zwölf statt vier eingesetzt werden. Entlang einer Kante sitzen dann vier Anker; somit ist jeder für $\frac{38 000}{4} = 9 500$ kg mit 9,5 qcm Querschnitt und

$$d' = \sqrt{\frac{9,5 \cdot 4}{\pi}} = 3,48 \text{ cm}$$

Kerndurchmesser oder mit den Verhältnissen der *Witworth*-Schraube Nr. 14 auszubilden.

Nach Gleichung 239 ist weiter

$$M_\sigma = \frac{100^3 \cdot 12}{48} \frac{5 \cdot 100 - 6 \cdot 10}{100 - 10} = 1 225 000 \text{ cmkg.}$$

b_1 folgt aus Gleichung 232: $b_1 = \frac{100 - 9 - 2 \cdot 2,5}{2} = 43$ cm, b_2 für $n = 12$ Rippen nach Gleichung 215:

$b_2 = \frac{4 \cdot 100}{12} = 33,3$ cm und somit d_1 nach Gleichung 233 gleich $0,0447 \cdot 33,3 \cdot \sqrt{12} = 5,1$ cm. δ ist mit

2,5 cm in der That kleiner als $\frac{b_1}{15} = \frac{43}{15} = 2,87$ cm, wie Gleichung 219 verlangt. Aus Gleichung 220

folgt nun $h_{\text{mittel}} = \frac{43 \cdot 5,1}{3 \cdot 2,5} = 29,2$ cm, also h vorläufig gleich 29 cm mit dem Vorbehalte, es noch etwas kleiner zu wählen, wenn sich weiter unzweckmäßige Maße ergeben sollten. Wird nun weiter der Laibungsdruck $s_d = 700$ kg für 1 qcm gesetzt, so folgt aus Gleichung 234:

$$\delta_4 = \frac{29 - 5,1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 420 000}{31,5 \cdot 700 (29 - 5,1)^2}} \right) = 0,84 \text{ cm;}$$

dieses Maß wird voraussichtlich größer auszuführen sein. Das Bruchmoment ist nach Gleichung 240:

$$M_1 = 1\,225\,000 - \frac{20\,000 \cdot 30}{2 \cdot \pi} - 0,84 \cdot 700 \cdot 31,5 \left(\frac{4 \cdot 29}{5} - \frac{0,84}{2} \right) = 708\,300 \text{ cmkg;}$$

folglich nach Gleichung 221:

$$A = 2 \cdot 43 \cdot 5,1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5,1}{2} \right) - \frac{3 \cdot 2,5 \cdot 29^2}{5} = 1425 - 1260 = 165$$

und nach Gleichung 222:

$$B = \frac{708\,300 \cdot 29}{750} - \frac{26}{75} \cdot 2,5 \cdot 29^3 - 2 \cdot 43 \cdot 5,1 \left(\frac{29}{5} - \frac{5,1}{2} \right)^2 - \frac{43 \cdot 5,1^3}{6} = 680.$$

Mit diesen Werten wird nach Gleichung 223:

$$b_2 = \frac{165^3}{4 \cdot 680 \left(\frac{4}{5} \cdot 165 \cdot 29 - 680 \right)} = 0,522 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 223:

$$\delta_2 = \frac{165^2}{2 \cdot 0,522 \cdot 680} = 38 \text{ cm.}$$

Diese letzten Werte sind unbequem. $b_2 \delta_2 = 38 \cdot 0,522 = 20 \text{ qcm}$. Wird nun $\delta_2 = \delta_4 = 2,5 \text{ cm}$ gemacht, so muß $b_2 = \frac{20}{2,5} = 8 \text{ cm}$ sein; der obere Rand des Plattenauffetzes wird also $b_2 + \delta = 8 + 2,5 = 10,5 \text{ cm}$ breit und $2,5 \text{ cm}$ dick.

Für Gleichung 236 ist nach Fig. 591

$$f = \frac{100 \cdot 100 - \frac{38,5^2 \cdot \pi}{4}}{12} = 736 \text{ qcm}$$

und der Schwerpunktsabstand nach zeichnerischer Ermittlung $a = 27 \text{ cm}$; also wird nach Gleichung 236

$$\delta_3 = 0,012 \frac{12 \cdot 736 \cdot 27}{29^2} = 3,4 \text{ cm.}$$

Da das Stützenende scharf in den Fufsauffatz passen muß, so empfiehlt es sich, die Berührungsflächen δ_4 in Fig. 587 u. 592 genau abzdrehen.

2) Füße schweißeiserner Stützen.

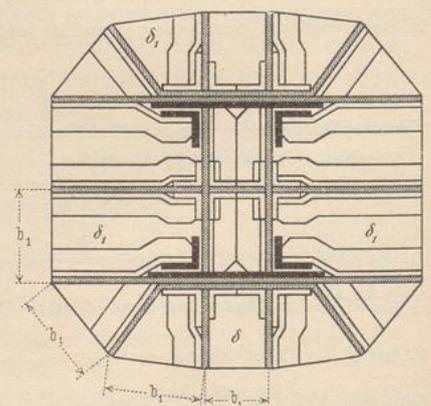
304.
Anwendung.

Schweißeiserner Stützen werden jetzt wegen der einfacheren Knotenbildungen und der höheren Tragfähigkeit regelmäÙig da verwendet, wo die Stützen schwere Decken in mehreren Geschossen zu tragen haben, wie in Lagerhäusern; auch dann, wenn die Last in der Schwerachse angreift. Besonders gebräuchlich ist die schweißeiserner Stütze auch, wenn aus schiefer oder schräger Belastung erhebliche Biegemomente wirken, da letztere durch gußeiserne Stützen namentlich in deren FüÙen, wie die obigen Berechnungen in Art. 303 zeigen, nur mit vergleichsweise großem Aufwande aufgenommen werden können.

305.
Belastung
in der
Schwerachse.

Bei Belastung in der Schwerachse befestigt man die Grundplatte, deren Grundfläche nach Gleichung 201 oder 205 zu berechnen ist, unmittelbar am unteren Stützenende, indem man zwischen die Ebenen — Platten, Schenkel, Stege — des Stützenquerschnittes und die Grundplatte Stehbleche als Rippen einfügt, welche die Grundplatte gegen die Stütze abzusteuern haben und daher von ihrem Rande nach den Stützteilen hin dreieckig verlaufen. Diese Stehbleche werden mit der Stütze, wenn möglich, unmittelbar vernietet oder durch Winkeleisen verbunden, und an die Grundplatte

Fig. 593.



mittels Winkeleifen angegeschlossen. Ein solches Beispiel zeigt Fig. 593 für einen schweren Stützenquerschnitt.

Hier sind 14 Abteifungen der Grundplatte, für welche der Anschluss an die schwarz gekennzeichneten Stützteile bequem zu gewinnen war, in der schraffierten Anordnung so gestellt, dass die entfallenden Randlängen b_1 der Platte thunlichst ringsum gleich sind.

Die Dicke der Platte ist nach

$$\delta_1 = 0,0213 b_1 \sqrt{\sigma_1} \dots \dots \dots 241.$$

zu bestimmen.

Für den Anschluss der Eckaussteifungsbleche ist der Druck zu ermitteln, welcher auf die zu jedem gehörige Grundfläche kommt; für sein Moment und seine

Fig. 594.

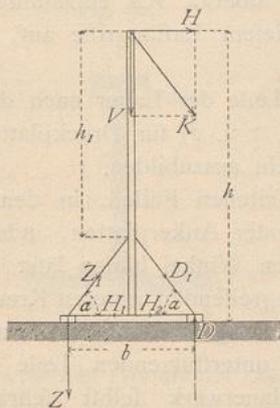


Fig. 595.

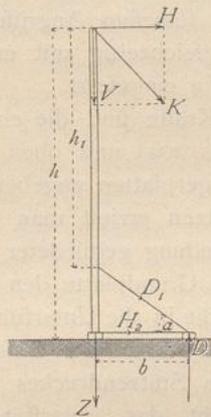
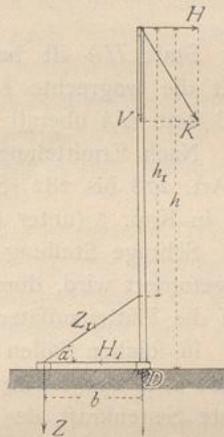


Fig. 596.



Abficherungswirkung bezüglich der Befestigungsstelle an der Stütze ist dann die Vernietung mit der Stütze durchzuführen, und die Höhe der Stehbleche ist so zu bemessen, dass die erforderliche Anzahl der Anschlussniete darin untergebracht werden kann.

Uebrigens lassen sich diese Füße schweißeiserner Stützen nicht mit gleicher Allgemeinheit behandeln, wie diejenigen der gusseisernen, weil die vorkommenden Stützenformen eine viel grössere Verschiedenheit aufweisen und man auch die Grundform der Fussplatte den Verschiedenheiten der Einzelfälle mehr anpassen wird, als bei Gussstützen.

Bei grossen Flächen der Grundplatte ist das Anbringen von über die Fläche gleichförmig verteilten Bohrlöchern zum Vergiessen der Platte mit dünnem Zement zu empfehlen.

Bei Belastung durch wagrechte Kräfte oder bei so schiefer (exzentrischer) Angriffe der lotrechten Last, dass $u > \xi$ wird¹²⁴⁾, muss die schweißeiserner Stütze einen vollständig verankerten, dreieckig ausladenden Fuss erhalten. Ein Beispiel solcher Verankerung ist in Fig. 553 bis 555 (S. 203) dargestellt.

Die Freistütze ist in den durch Fig. 594 bis 596 veranschaulichten drei Fällen auf den Druck V und das Biegemoment Hh_1 bei wagrechter, bzw. Vu bei schiefer Belastung, dann auch bei der hier meist notwendigen, vorwiegend in der

306.
Schräge und
exzentrische
Belastung.

¹²⁴⁾ Siehe: Gleichung 51 auf S. 273 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuchs«.
Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

Ebene des Moments steifen Ausbildung des Querschnittes auf Zerknicken unter V nach der schwächsten Seite des Querschnittes zu berechnen.

Weiter ist, wenn Zug mit $+$ bezeichnet wird:

nach:	Z	D	Z_1	D_1	H_1	H_2
Fig. 594	$+\frac{Hh}{b} - \frac{V}{2}$	$-\left(\frac{Hh}{b} + \frac{V}{2}\right)$	$Z \frac{1}{\sin \alpha}$	$D \frac{1}{\sin \alpha}$	$Z \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	$D \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$
Fig. 595	$+\frac{Hh}{b} - V$	$-\frac{Hh}{b}$	—	$D \frac{1}{\sin \alpha}$	—	$D \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$
Fig. 596	$+\frac{Hh}{b}$	$-\left(\frac{Hh}{b} + \frac{V}{2}\right)$	$Z \frac{1}{\sin \alpha}$	—	$Z \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha}$	—

Statt Hh ist bei um u schiefem Angriffe von V überall Vu einzuführen. Tritt die wagrechte Kraft H gleichzeitig mit um u schiefem Lastangriffe auf, so wird statt Hh überall $Hh + Vu$ eingesetzt.

Nach Ermittlung dieser Kräfte sind die einzelnen Teile der Lager nach den in Art. 278 bis 282 (S. 198 bis 204) und oben (unter e, 1 u. 2) für Druckplatten und in Kap. 7 (unter c) für Lagerplatten gegebenen Regeln auszubilden.

307.
Schräge
Stützen.

Schräge Stellung der Stützen erzielt man in den seltenen Fällen, in denen sie gefordert wird, durch Anwendung gegliedeter Druck- oder Ankerplatten, indem man die Plattenauffätze mit der Grundplatte den verlangten Winkel bilden läßt.

In solchen Fällen werden die in die Unterstützung eingreifenden unteren Kreuzrippen oder das Festslegen durch Randrollen besonders wichtig, weil sie die wagrechte Seitenkraft des schrägen Stützendruckes auf die unterstützenden Teile zu übertragen haben, wenn nicht das unterstützende Mauerwerk selbst schräg, d. h. winkelrecht zur Stützenachse, gestellt ist. In diesem Falle werden die Grundplatten ganz regelmäÙig und bedürfen der unteren Kreuzrippe nicht. Die Anlage des unterstützenden Mauerwerkes oder Quaders rechtwinkelig zur Stützenachse ist derjenigen eines schief entwickelten Fusses stets vorzuziehen.

7. Kapitel.

T r ä g e r.

308.
Vor-
bemerkungen.

Die im Hochbauwesen vorkommenden Träger werden aus Gußeisen oder aus Schweißeseisen hergestellt. Vor Ausbildung des Walzverfahrens wurden gußeiserne Träger sehr häufig verwendet; gegenwärtig sind letztere von den schweißeseisernen fast ganz verdrängt.

Für die Ermittlung der Spannungen in den sog. Balkenträgern, welche hier allein in Frage kommen, aus den Momenten und Querkräften muß auf Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« verwiesen werden. In Abt. II, Abfchn. 2, Kap. 2¹²⁵⁾ wurde dort zunächst (Art. 355 bis 357, S. 315 bis 317¹²⁶⁾ Allgemeines

¹²⁵⁾ 2. u. 3. Aufl.: Abt. II, Abfchn. 3, Kap. 2.

¹²⁶⁾ 2. Aufl.: Art. 146 bis 148 (S. 124 bis 126); 3. Aufl.: Art. 148 bis 150 (S. 139 bis 142).

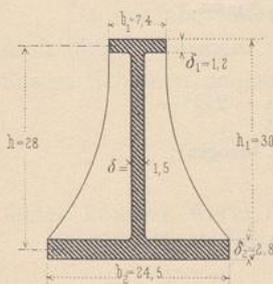
über äußere Kräfte und Einteilung der Träger überhaupt und alsdann (Art. 358 bis 372, S. 317 bis 338¹²⁷) über die Bestimmung der Momente und Querkräfte für die verschiedenen Arten von Balkenträgern vorgeführt. Für ungegliederte Träger sind die Ermittlung der Spannungen und die daraus sich ergebenden Querschnittsbestimmungen nach Art. 295 bis 331 (S. 257 bis 293¹²⁸) vorzunehmen; für gegliederte oder Gitterträger sind die Untersuchungen in Art. 373 bis 407 (S. 338 bis 374¹²⁹) maßgebend.

a) Gufseiserne Träger.

Träger aus Gufseisen erhalten selten einen anderen Querschnitt, als den I-förmigen; doch muß der I-Querschnitt wegen der ungleichmäßigen Widerstandsfähigkeit gegen Zug und Druck nach Maßgabe des in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (Art. 302, 263¹³⁰) Gefagten unsymmetrisch ausgebildet werden.

309-
Form
und
Berechnung.

Fig. 597.



Diese Träger dürfen nur unter ruhender Last verwendet werden, da sie Erschütterungen und Stöße auch in geringem Maße nicht vertragen.

Im Gegenfatze zu den schweißeisernen Trägern macht das Anpassen des Trägers an die angreifenden Momente durch entsprechende Veränderung des Querschnittes nicht die geringste Schwierigkeit und sollte daher stets ausgeführt werden.

Unter Beibehaltung der an oben angeführter Stelle gemachten Annahmen und mit Bezug auf die in Fig. 597 eingeschriebenen Bezeichnungen lassen sich zwischen Spannung, Querschnittsabmessungen und Angriffsmoment M , wenn letzteres in der lotrechten Trägerachse wirkt, die Näherungsgleichungen für die Gurtungsquerschnitte aufstellen:

$$f_2 = \frac{5 M}{4 h s_g} + \frac{\delta h}{6} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta h}{3}, \quad \dots \quad 242.$$

oder wenn etwa aus äußeren Gründen f_2 angenommen werden muß:

$$h = \frac{3}{\delta} \left(f_2 - \sqrt{f_2^2 - \frac{5 M \delta}{6 s_g}} \right) \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{f_2}{3} - \frac{\delta h}{3}, \quad \dots \quad 243.$$

worin s_g die zulässige Zugspannung, f_1 den Querschnitt der oberen Gurtung und f_2 den Querschnitt der unteren Gurtung bedeutet. Für δ ist ein bequemes Gufmaß, nicht unter 1,2 cm, anzunehmen.

Es empfiehlt sich, die Flansche solcher gufseiserner Träger etwa in Abständen gleich der dreifachen Trägerhöhe, namentlich aber in den Angriffspunkten von Einzellaften und über den Auflagern, durch lotrechte Rippen gegen den Steg abzusteißen (Fig. 597).

Der rechteckige Kastenquerschnitt ist weniger gut als der I-förmige, weil man

¹²⁷) 2. Aufl.: Art. 149 bis 163 (S. 126 bis 145); 3. Aufl.: Art. 151 bis 164 (S. 142 bis 165).

¹²⁸) 2. Aufl.: Art. 85 bis 108 (S. 59 bis 83); 3. Aufl.: Art. 94 bis 124 (S. 70 bis 109).

¹²⁹) 2. Aufl.: Art. 165 bis 200 (S. 147 bis 183); 3. Aufl.: Art. 179 bis 202 (S. 177 bis 203).

¹³⁰) 2. Aufl.: Art. 92 (S. 66); 3. Aufl.: Art. 99 (S. 78).

in der Abmessung der Gurtungsquerschnitte dabei weniger frei ist und die Schwierigkeiten des Gusses wesentlich grössere sind.

310.
Beispiel.

Beispiel. Ein Träger von 4 m Länge hat auf 1 cm 17,2 kg zu tragen und ruht auf zwei Stützen. Für die Höhe h_1 stehen nur 30 cm zur Verfügung; δ soll 1,5 cm betragen. Für h ist $h_1 - \frac{\delta_1}{2} - \frac{\delta_2}{2}$, also vorläufig annähernd 28 cm einzuführen. Es wird nach den Gleichungen 242, wenn $s_g = 250$ kg für 1 qcm zugelassen wird,

$$f_2 = \frac{5 \cdot 17,2 \cdot 400^2}{8 \cdot 28 \cdot 250} + \frac{1,5 \cdot 28}{6} = 68,7 \text{ qcm} \quad \text{und} \quad f_1 = \frac{68,7}{3} - \frac{1,5 \cdot 28}{3} = 8,9 \text{ qcm},$$

Wird sonach $\delta_1 = 1,2$ cm und $\delta_2 = 2,8$ cm gemacht, so muß $b_1 = \frac{8,9}{1,2} = 7,4$ cm und $b_2 = \frac{68,7}{2,8} = 24,5$ cm werden, und die ganze Höhe beträgt $28 + \frac{1,2 + 2,8}{2} = 30$ cm.

Da die Formel nur annähernd richtige Ergebnisse liefert, so muß nach Gleichung 34 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (S. 261¹³¹) geprüft werden, wie groß die größten Spannungen oben und unten werden.

Die Lage des Schwerpunktes über der Unterkante des Trägers wird bestimmt durch

$$x_0 = \frac{7,4 \cdot 1,2 \cdot 29,4 + 26 \cdot 1,5 \cdot 15,8 + 24,5 \cdot 2,8 \cdot 1,4}{7,4 \cdot 1,2 + 26 \cdot 1,5 + 24,5 \cdot 2,8} = 8,35 \text{ cm}.$$

Das Trägheitsmoment für die Y-Achse beträgt¹³²)

$$\begin{aligned} \mathcal{I}_y = \frac{1}{3} & \left[24,5 \cdot 8,35^3 + 7,4 (30 - 8,35)^3 - (24,5 - 1,5) (8,35 - 2,8)^3 - \right. \\ & \left. - (7,4 - 1,5) (30 - 8,35 - 1,2)^3 \right] = 11654 \text{ (auf Centim. bezogen);} \end{aligned}$$

folglich die Spannung in der Unterkante

$$s' = \frac{17,2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{8,35}{11654} = 247 \text{ kg für 1 qcm,}$$

in der Oberkante

$$\frac{17,2 \cdot 400^2}{8} \cdot \frac{30 - 8,35}{11654} = 640 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Da die zulässige Druckspannung in der Unterkante 250 kg für 1 qcm war und die zulässige Druckspannung bis zum dreifachen der Zugspannung zugelassen wird, so ist die Spannung unten das $\frac{247}{250} = 0,99$ fache, oben das $\frac{640}{250} = 2,56$ fache der zulässigen, und die Gurtungen können also noch auf das $\frac{0,99 + 0,85}{2} = 0,92$ fache verschwächt werden; doch wäre dies mit Rücksicht auf die Kleinheit der Mase der oberen Gurtung nicht zu empfehlen.

b) Schweißeiserne Träger.

Unter den schweißeisernen Trägern können gewalzte und zusammengesetzte Träger unterschieden werden. Bei ersteren werden die Eisenbahnschienen von den sonstigen Walzeisen zu sondern fein; die zusammengesetzten Träger können vollwandig, Blechträger oder gegliedert, Gitterträger, fein.

1) Eisenbahnschienen als Träger.

311.
Anwendung.

Eisenbahnschienen werden bei Hochbauten vielfach als Träger benutzt, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, weil sie oft leicht und billig zu haben sind; letzteres trifft hauptsächlich für gebrauchte alte Schienen zu. Insbesondere zur Ueberdeckung von Thor- und anderen Wandöffnungen, zur Unterstützung von Treppen, als Erkerträger u. f. w. werden Eisenbahnschienen häufig benutzt; bisweilen treten sie auch

¹³¹) 2. Aufl.: Gleichung 42 (S. 64); 3. Aufl.: Gleichung 56 (S. 75).

¹³²) Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Art. 310, S. 268 dieses »Handbuchs«.

bei der Ueberwölbung von Keller- und anderen Räumen an die Stelle von I-förmigen Walzträgern (siehe unter 2).

Die einschlägigen statischen Ermittlungen werden in gleicher Weise, wie bei anderen gewalzten Trägern vorgenommen.

312.
Berechnung.

Zieht man die gegenwärtig üblichen breitfüßigen Schienen in Betracht, so ist nach *Winkler*¹³³⁾ annähernd die Querschnittsfläche des Schienenquerschnittes

$$F = \begin{matrix} \text{für Eifenschienen:} & \text{für Stahlschienen:} \\ 0,285 h^2 & 0,274 h^2 \end{matrix} \text{ Quadr.-Centim.,}$$

wenn h die Schienenhöhe (in Centim.) bezeichnet.

Das Eigengewicht für 1 lauf. Meter beträgt nahezu

$$g = \begin{matrix} 0,22 h^2 & 0,21 h^2 \end{matrix} \text{ Kilogr.}$$

Das Trägheitsmoment des Schienenquerschnittes für die wagrechte Schwerachse des aufrecht gestellten Querschnittes ist ungefähr

$$J = \begin{matrix} 0,0383 h^4 & 0,0364 h^4. \end{matrix}$$

Da nur abgenutzte Schienen in Frage kommen, kann man die Querschnitte nach obigen Formeln nicht voll ausnutzen; im Durchschnitt wird man für breitfüßige Schienen neuerer Querschnittsbildung

$$\text{das Trägheitsmoment } J = 0,035 h^4, \dots \dots \dots 244.$$

$$\text{das Widerstandsmoment } \frac{J}{e} = 0,07 h^3 \dots \dots \dots 245.$$

setzen können, worin h in Centim.

Demnach ist eine auf l Centim. Stützweite frei tragende Schiene im Stande:

$$\text{auf 1 cm ihrer Länge die Last } \dots \dots q = 392 \frac{h^3}{l^2} \text{ Kilogr., } \dots \dots 246.$$

$$\text{in der Mitte ihrer Länge die Einzellast } P = 196 \frac{h^3}{l} \dots \dots \dots 247.$$

zu tragen, wobei eine Beanspruchung des Eisens von 700 kg für 1 qcm entsteht.

Stärkere Träger durch Zusammennieten mehrerer alter Schienen zu bilden, ist nicht zu empfehlen, da das geringwertige Material die Kosten guter Nietung nicht mit Vorteil trägt; übrigens entstehen unvorteilhafte Materialverteilungen und durch die Nietlöcher in den ziemlich dicken Füßen beträchtliche Schwächungen.

Beispiel 1. Eine Schiene von 13 cm Höhe, welche zur Unterstützung von Kellerkappen dient, hat auf 1 lauf. Centim. ($q =$) 7 kg zu tragen; wie weit darf sie frei liegen?

313.
Beispiele.

Nach Gleichung 246 ist $7 = 392 \frac{13^3}{l^2}$, woraus

$$l = \sqrt{\frac{392}{7} 13^3} = \approx 350 \text{ cm.}$$

Beispiel 2. Ueber einer Oeffnung von 3 m Stützweite steht mitten ein Pfeiler von 5000 kg Gewicht; wie viele 13 cm hohe Schienen sind zu seiner Unterstützung notwendig?

Nach Gleichung 247 trägt eine Schiene

$$P = 196 \frac{13^3}{300} = 1435 \text{ kg;}$$

sonach müssen $\frac{5000}{1435} = 4$ Schienen gelegt werden.

Beispiel 3¹³⁴⁾. Ein Erkervorbau, welcher bei 1,0 m Ausladung und 2,5 m Breite in jedem Geschosse ein ausgekragtes Traggerippe aus Schienen erhält, hat an der Vorderseite ein 1,6 m breites, 2,6 m hohes und in jeder Seitenwand ein 0,5 m breites, 2,6 m hohes Fenster; die Geschosshöhe beträgt 4,2 m, die Brüstungshöhe der Fenster 0,75 m; die Stärke der Eckpfeiler zwischen den Fenstern beträgt

¹³³⁾ In: Vorträge über Eisenbahnbau etc. I. Heft: Der Eisenbahn-Oberbau. 3. Aufl. Prag 1875. S. 77 u. 240.
¹³⁴⁾ Bezüglich der hier benutzten Formeln vergl. die in den Fußnoten 135 bis 138 angezogenen Gleichungen.

1½ Stein, die der Fensterbrüstungen und Fensterübermauerungen 1 Stein. Die Eisenkonstruktion besteht aus 2 vorgekragten Schienenlagen unter den Seitenwänden und einer auf deren freie Enden gelagerten Schienenlage unter der Vorderwand. Die Mitten der beiden vorgekragten Schienenlagen liegen 2,50 — 0,38 = 2,12 m auseinander und bestimmen die Stützweite der vorderen Schienenlage zu 2,12 m. Das Auflager der vorderen Schienenlage ist zu 1,00 — $\frac{0,38}{2}$ = 0,81 m von der Wand anzunehmen.

α) Die vordere Schienenlage (Fig. 598) hat an beiden Enden auf $\frac{2,12 - 1,60}{2}$ = 0,26 m Länge zuerst den vollen Pfeiler von

$$4,2 \cdot 0,38 \cdot 0,01 \cdot 1700 = 27 \text{ kg}$$

Gewicht für 1 lauf. Centim. zu tragen; dann folgt aus der Fensterübermauerung eine 26 cm vom Lager entfernte Einzellaft von

$$\frac{1}{2} \cdot 0,25 \cdot 1,6 (4,2 - 0,75 - 2,60) 1700 = 289 \text{ kg};$$

endlich ruft die Brüstung unter dem Fenster auf 1,60 m Breite für 1 lauf. Centim. die Last von $0,25 \cdot 0,75 \cdot 0,01 \cdot 1700 = 3,2 \text{ kg}$ hervor. Außerdem hat der Vorderträger aus dem Erkerfußboden noch 2 kg für 1 lauf. Centim. auf 2,50 — 2 · 0,38 = 1,74 m Länge in der Mitte zu tragen.

Die vom Vorderträger auf die ausgekragten Schienen ausgeübten Auflagerdrücke sind demnach

$$27 \cdot 26 + 289 + \frac{160}{2} 3,2 + \frac{174}{2} 2 = 1421 \text{ kg};$$

das Biegemoment in der Mitte ist

$$M = 1421 \frac{212}{2} - 27 \cdot 26 \left(\frac{212}{2} - \frac{26}{2} \right) - 289 \left(\frac{212}{2} - 26 \right) - \frac{160}{2} 3,2 \frac{160}{4} - \frac{174}{2} 2 \frac{174}{4} = 44411 \text{ cmkg.}$$

Werden n Schienen nebeneinander gelegt, so ist bei einer Beanspruchung von $s = 700 \text{ kg}$ für 1 qcm nach Gleichung 245 bei 8 cm Schienenhöhe das s -fache Widerstandsmoment $700 n \frac{s}{e} = n \cdot 700 \cdot 0,07 \cdot 8^3 = 25088 n$. Somit folgt die erforderliche Anzahl Schienen aus $25088 n = M = 44411$ mit $n = 2$.

β) Die ausgekragte Schienenlage von 81 cm theoretischer Länge trägt (Fig. 599) am freien Ende den Auflagerdruck des Vorderträgers mit 1421 kg, ferner den Rest der Vorderwand mit

$$0,38 \cdot 4,20 \frac{2,5 - 1,6 - 2 \cdot 0,26}{2} 1700 = 515 \text{ kg};$$

hierauf folgt aus dem auf dem Träger stehenden, 38 cm starken Pfeiler eine Last von 27 kg bis zum Fenster, d. h. auf $\frac{1,00 - 0,38 - 0,50}{2} = 0,06 \text{ m}$ Länge;

weiter folgt in der Fensterkante aus der Fensterübermauerung eine Einzellaft von $\frac{0,50 \cdot 0,25}{2} (4,20 - 0,75 - 2,60) 1700 = 90 \text{ kg}$; alsdann aus der Fensterbrüstung auf 50 cm Länge, wie oben, 3,2 kg Last auf 1 cm; hierauf in der Fensterkante die Einzellaft der Fensterübermauerung mit 90 kg, und schließlich wieder aus der $\frac{1,00 - 0,38 - 0,50}{2} = 0,06 \text{ m}$

breiten Vorlage im Anschlusse an die Wand eine Last von 27 kg für 1 cm.

Das Biegemoment in der Vorderkante der Wand ist somit

$$M = (1421 + 515) 81 + 27 \cdot 6 \left(81 - \frac{38}{2} - \frac{6}{2} \right) + 90 (6 + 50) + 3,2 \cdot 50 \left(\frac{50}{2} + 6 \right) + 90 \cdot 6 + 27 \cdot 6 \frac{6}{2} = 177400 \text{ cmkg.}$$

Die Querkraft V in der Wandfläche beträgt

$$V = 1421 + 515 + 2 \cdot 6 \cdot 27 + 2 \cdot 90 + 50 \cdot 3,2 = 2600 \text{ kg.}$$

Dieser Wert wird später bei der Berechnung der Auflagerung solcher einseitig eingemauert Träger zur Geltung kommen. (Vergl. Kap. 7, unter c.)

Fig. 598.

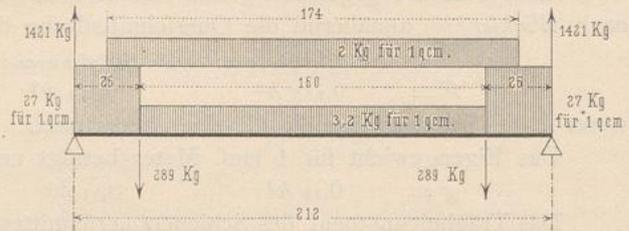
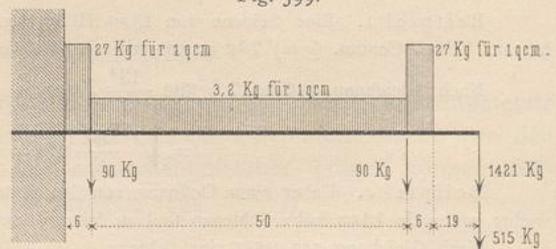


Fig. 599.



Werden hier je n Schienen von 13 cm Höhe ausgekragt, so ist das s -fache Widerstandsmoment bei einer Beanspruchung von $s = 700$ kg für 1 qcm nach Gleichung 245: $n \cdot 0,07 \cdot 13^3 \cdot 700 = 107653 n$. Demnach folgt aus $107653 n = M = 177400$ die Zahl der Schienen $n = 2$.

Somit hat der Eisenrahmen in den auskragenden Teilen aus je zwei 13 cm hohen Schienen, über deren Enden zwei 8 cm hohe Schienen zum Tragen der Vorderwand gestreckt sind, zu bestehen; erstere können, falls niedrigere Schienen vorhanden sind, etwas leichter gewählt werden. Die Lagerung der in die Wand gesteckten Schienenpaare wird später (in Kap. 7, unter c) erörtert werden.

2) Walzeisen als Träger.

Solche Träger werden hauptsächlich als Belag-, **C**-, **Z**- und **I**-Eisen hergestellt; für die Querschnittsform dieser Formeisen sind die »Deutschen Normalprofile für Walzeisen« maßgebend, welche in Teil I, Bd. 1, erste Hälfte (Abt. I, Abchn. 1, Kap. 6) dieses »Handbuches« mitgeteilt sind; die betreffenden Tabellen enthalten neben den Querschnittsabmessungen auch die zur Berechnung notwendigen Angaben über die Lage des Schwerpunktes und die Größe der Widerstands- und der Trägheitsmomente.

Einige Beispiele mögen die Anwendung jener Tabellen unter Benutzung der früher entwickelten Formeln erläutern.

Beispiel 1. Ein I-Träger sei nach Fig. 600 durch die Einzellaften P_1 und P_2 , sowie durch die gleichförmig verteilte Last von 3,5 kg auf 1 cm der Länge belastet. Der Auflagerdruck beträgt¹³⁵⁾

$$D_0 = \frac{3,5 \cdot 800}{2} + \frac{1200(260 + 290) + 1800 \cdot 290}{800} = 2878 \text{ kg.}$$

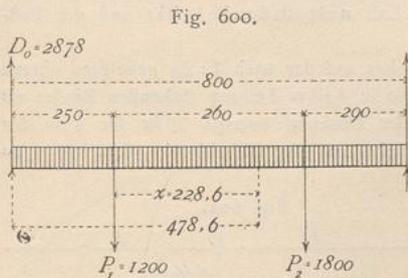


Fig. 600.

Das größte Angriffsmoment liegt da, wo die Summe der Querkräfte gleich Null ist. Man findet diese Stelle am einfachsten durch allmähliches Abziehen der Lasten vom Auflagerdrucke von links oder rechts her.

Zieht man zunächst von $D_0 = 2878$ das Produkt $250 \cdot 3,5 = 875$ ab, so bleibt ein Rest von 2003; $P_1 = 1200$ hiervon abgezogen giebt als Rest 803. Das Produkt $260 \cdot 3,5 = 910$ ist schon größer, als der letzte Rest, so daß die gesuchte Stelle zwischen P_1 und P_2 liegen muß, und zwar von P_1 um eine Strecke x entfernt, welche aus der Beziehung $x \cdot 3,5 = 803$ mit $x = 228,6$ cm folgt.

Für diese Stelle, die also $250 + 228,6 = 478,6$ cm vom linken Auflager entfernt liegt, ist das Moment¹³⁶⁾

$$M_{max} = 2878 \cdot 478,6 - 478,6 \cdot 3,5 \frac{478,6}{2} - 1200 \cdot 228,6 = 702024 \text{ cmkg.}$$

Der Wert $\frac{\gamma}{e}$ oder das fog. Widerstandsmoment des Trägers ergibt sich¹³⁷⁾ bei einer zulässigen Spannung von 1000 kg für 1 qcm aus der Gleichung

$$\frac{M}{s} = \frac{702024}{1000} = \frac{\gamma}{e} = 702 \text{ (auf Centim. bezogen),}$$

und es muß daher nach der Tabelle über die Normalprofile von I-Eisen¹³⁸⁾ mindestens Nr. 32 mit dem Widerstandsmoment $\frac{\gamma}{e} = 788,9$ gewählt werden.

Beispiel 2. Ein 5,1 m tiefer Kellerraum soll in der Weise eingedeckt werden, daß in 3,25 m Teilung I-Träger gestreckt und zwischen diesen Kappen von $\frac{1}{2}$ Stein, in den Kämpfern 1 Stein Stärke mit Uebermauerung, Bettung, Lagerhölzern und Bretterfußboden eingewölbt werden. Das Gewicht, welches diese Kappen für 1 cm auf den Träger übertragen, beträgt 20,5 kg, einschl. des schätzungsweise festgelegten Eigengewichtes des Trägers. Wird eine der beiden anschließenden Kappen mit 250 kg für 1 qm belastet,

¹³⁵⁾ Nach: Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte (Gleichung 162, S. 326).

¹³⁶⁾ Nach ebendaf. (S. 328; 2. Aufl.: S. 128; 3. Aufl.: S. 76).

¹³⁷⁾ Nach ebendaf. (Gleichung 36, S. 262; 2. Aufl.: Gleichung 44, S. 65; 3. Aufl.: Gleichung 58, S. 76).

¹³⁸⁾ In Teil I, Bd. 1, erste Hälfte dieses »Handbuches« (S. 198; 2. Aufl.: S. 251).

314.
Grundlagen
der
Berechnung.

315.
Beispiele.

so überträgt sie auf den Träger noch $0,01 \cdot 3,25 \cdot 250 \cdot 0,5 = 4,1$ kg für 1 lauf. Centim.; außerdem erhält 1 cm des Trägers aber aus dem stärkeren Schube der belasteten Kappe gegenüber der unbelasteten eine wagrechte Belastung von 1,2 kg für 1 qcm.

Der Träger wird an jedem Ende 35 cm lang in die Wand gesteckt, so dafs die Stützweite $510 + 35 = 545$ cm beträgt.

In der Mitte ist fönach das Biegemoment

$$\text{in lotrechtem Sinne } (20,5 + 4,1) \frac{545^2}{8} = 916000 \text{ cmkg,}$$

$$\text{in wagrechtem Sinne } \dots \dots 1,2 \frac{545^2}{8} = 44500 \text{ cmkg.}$$

Wird zunächst Nr. 36 der »Deutschen Normalprofile für I-Eisen« angenommen, so ergeben sich für dieses die folgenden Spannungen.

Für die wagrechte Schwerachse ist nach der Normaltabelle über I-Eisen $\frac{J}{e} = 1098 \text{ cm}^3$ und für die lotrechte $\frac{J}{e} = \frac{956}{7,15} = 134$ (auf Centim. bezogen).

In den Flanschen ergibt sich aus beiden Beanspruchungen zusammen also die Spannung

$$\sigma = \frac{916000}{1098} + \frac{44500}{134} = 833 + 332 = 1165 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Sind beide anschließende Kappen voll belastet, so verschwindet die wagrechte Beanspruchung wegen der beiderseits gleichen Schübe; die lotrechte erhöht sich dagegen auf $20,5 + 4,1 + 4,1 = 28,7$ kg für 1 cm. Das lotrechte Biegemoment wird nun $\frac{28,7 \cdot 545^2}{8} = 1065000 \text{ cmkg}$, und daraus folgt eine Beanspruchung von

$$\frac{1065000}{1098} = 972 \text{ kg für 1 cm.}$$

Diese Spannungen können zugelassen werden, da die Last nicht stofsweise wirkt und die Lastannahmen sehr ungünstige sind.

Beispiel 3¹³⁹⁾. Pfetten von Z-förmigem Querschnitte ruhen auf der nach 1:2,5 geneigten oberen Gurtung eines Dachstuhles in 1,50 m Teilung und sind über die in 4,50 m Teilung stehenden Binder als durchlaufende Gelenkträger hingestreckt. Das Eigengewicht der Deckung betrage 70 kg für 1 qm der Grundfläche, die Schneebelastung 75 kg für 1 qm der Grundfläche und der Winddruck 50 kg für 1 qm Dachfläche rechtwinkelig zu dieser. Der wagrecht gemessene Pfettenabstand beträgt

$$(1,5 \cdot 2,5) : \sqrt{1 + (2,5)^2} = 1,392 \text{ m.}$$

Damit die Momente an den drei Stellen 1, 2 und 3 des durchlaufenden Gelenkträgers (Fig. 601) gleich werden, ist

$$d = \frac{l(\sqrt{2}-1)}{2\sqrt{2}} = 0,1464 l = 0,1464 \cdot 450 = 66,2 \text{ cm}$$

zu machen; dann wird $M_1 = M_2 = M_3 = \frac{q l^2}{16}$ bei der Last q auf 1 cm Länge.

Diese Einheitslast ist für Eigengewicht: $0,01 \cdot 1,392 \cdot 70 = 0,973$ kg für 1 cm;

» » » » Schneelast: $0,01 \cdot 1,392 \cdot 75 = 1,047$ » » » » ;

» » » » Wind: $0,01 \cdot 1,5 \cdot 50 = 0,75$ » » » » ;

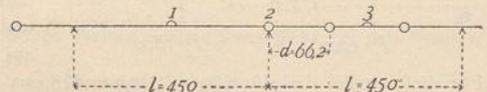
fomit beträgt 1) das lotrechte Moment aus Eigenlast: $\frac{0,973 \cdot 450^2}{16} = 12300 \text{ cmkg}$,

2) » » » » Schnee: $\frac{1,047 \cdot 450^2}{16} = 13250 \text{ cmkg}$,

3) » zur Dachfläche rechtwinkelige Moment aus Wind: $\frac{0,75 \cdot 450^2}{16} = 9500 \text{ cmkg}$.

Diese drei Momente sind in Fig. 602 so durch Auftragen im Maßstabe 1 cm = 7500 cmkg vereinigt, dafs man bilden kann aus 1 und 2 das größte lotrechte Moment $I = 25550 \text{ cmkg}$, aus 1 und 3 das am weitesten von der Lotrechten abweichende Moment $III = 21300 \text{ cmkg}$, und aus 1, 2 und 3 das größte Moment überhaupt $II = 34600 \text{ cmkg}$.

Fig. 601.



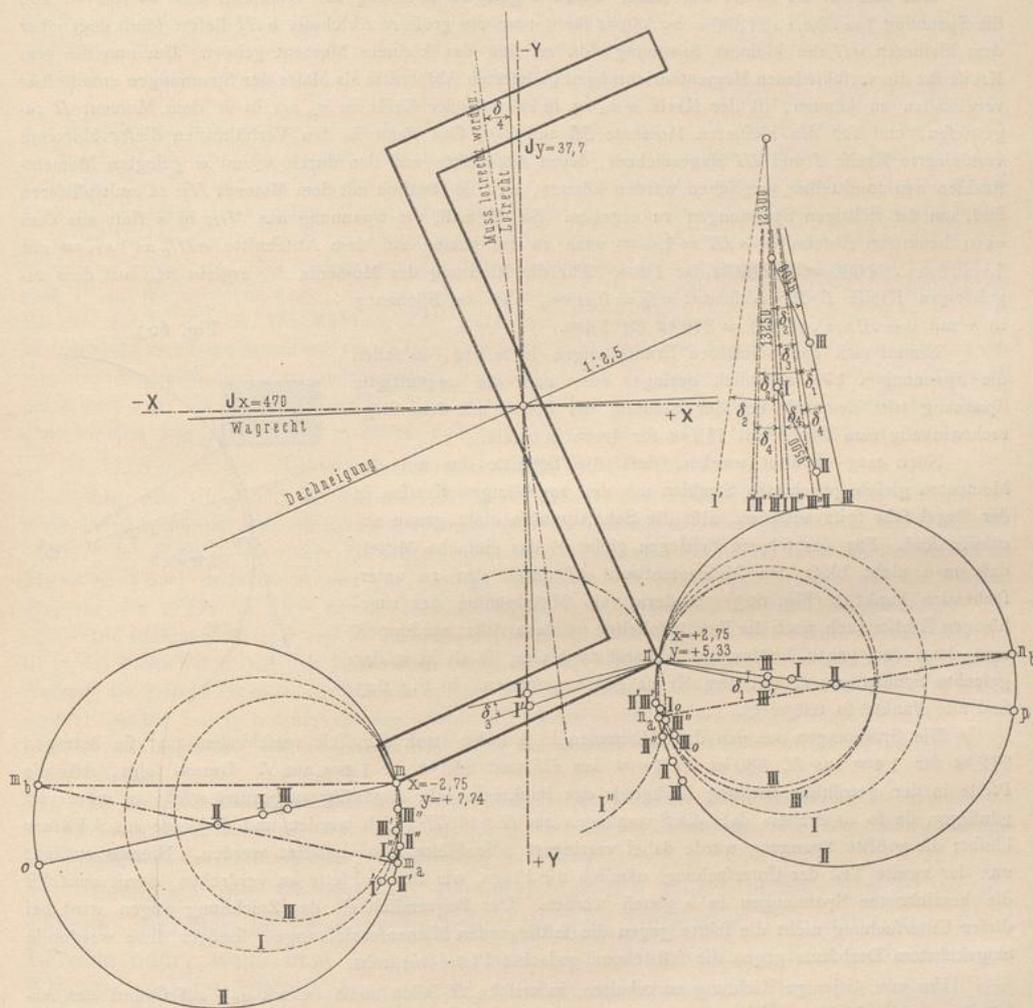
¹³⁹⁾ Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1894, S. 447; 1895, S. 169.

Nun soll untersucht werden, welche Spannungen diese Momente in einem mit dem Stege rechtwinkelig zur Dachfläche gestellten Z-Eisen Nr. 12 hervorrufen, dann auch, wie man die Pfette gegen diese Stellung etwa zu verdrehen hat, um sie am günstigsten auszunutzen, d. h. die entstehenden Spannungen möglichst niedrig zu halten.

Die Spannungsermittlung verläuft wie folgt.

Die Z-Pfette Nr. 12 ist in Fig. 602 zunächst rechtwinkelig zur Dachneigung gestellt, und die den Angaben der Normaltabelle entnommenen Hauptachsen X und Y sind eingetragen; die Hauptträgheits-

Fig. 602.



Mafsstab für die Momente: 1 cm = 7500 cm/kg.

Mafsstab für die Größen a und b : 1 cm = 0,015 (auf Centim. bezogen).

momente sind $\mathcal{I}_x = 470$ und $\mathcal{I}_y = 37,7$ (beide auf Centim. bezogen). Eine der Ecken m oder n wird die gefährdetste sein. Für jede derselben ermittele man die Koordinaten x und y , welche in Fig. 602 beschrieben sind, und dann die Größen $a = \frac{y}{\mathcal{I}_x}$ und $b = \frac{x}{\mathcal{I}_y}$. Es wird

$$a_m = \frac{7,74}{470} = 0,01645 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_m = -\frac{2,75}{37,7} = -0,073 \text{ (auf Centim. bezogen)},$$

$$a_n = \frac{5,33}{470} = 0,01135 \text{ (auf Centim. bezogen)}, \quad b_n = \frac{2,75}{37,7} = +0,073 \text{ (auf Centim. bezogen)}.$$

Trägt man diese Werte a und b nach dem Vorzeichen im Sinne der Achsen X und Y in gleicher Richtung mit diesen vom Punkte n bis n_a und n_b und von m bis m_a und m_b auf, und legt durch die drei Punkte m , m_a , m_b und n , n_a , n_b je einen Kreis, was in Fig. 602 im Maßstabe $1 \text{ cm} = 0,015$ geschehen ist, so kann man die aus verschiedenen Momenten entstehenden Spannungen ablesen, wenn man von n und m aus die Richtung des Moments in den Kreis hineinzieht, z. B. nII für das größte Moment II , den vom Kreise hierauf gebildeten Abschnitt misst; für nII ergibt sich $1,375 \text{ cm}$, also $1,375 \cdot 0,015 = 0,0206$, und das Moment mit diesem Abschnitte multipliziert. Moment II erzeugt daher in n die Spannung $0,0206 \cdot 34600 \text{ cmkg} = 712 \text{ kg}$ für 1 qcm , womit der erste Teil der Aufgabe gelöst ist.

Das Moment III liefert auf feiner durch n gelegten Richtung den Abschnitt $nIII = 1,66 \text{ cm}$, also die Spannung $1,66 \cdot 0,015 \cdot 21300 = \infty 530 \text{ kg}$ für 1 qcm ; der größere Abschnitt $nIII$ liefert somit gegenüber dem kleineren nII die kleinere Spannung, da zu ihm das kleinere Moment gehört. Um nun die vom Kreise für die verschiedenen Momentenrichtungen gelieferten Abschnitte als Masse der Spannungen unmittelbar vergleichen zu können, ist der Kreis $n n_a n_b$ in n und der Kreis $m m_a m_b$ in m dem Moment II zugewiesen, und für die kleineren Momente M_I und M_{III} sind dann in den Verhältnissen dieser Momente verkleinerte Kreise I und III eingezeichnet, deren Abschnitte auf den durch n und m gelegten Momentstrahlen nun unmittelbar verglichen werden können, weil sie sämtlich mit dem Moment M_{II} zu multiplizieren sind, um die richtigen Spannungen zu ergeben. So ist z. B. die Spannung aus M_{III} in n statt aus dem oben benutzten Abschnitte $nIII = 1,66 \text{ cm}$ auch zu entnehmen aus dem Abschnitte $nIII_0 = 1,025 \text{ cm}$ mit $1,025 \cdot 0,015 \cdot 34600 = \infty 530 \text{ kg}$ für 1 qcm . Für die Richtung des Moments M_I ergibt sich auf dem zugehörigen Kreise I der Abschnitt $nI_0 = 0,66 \text{ cm}$, also die Spannung in n mit $0,66 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 342 \text{ kg}$ für 1 qcm .

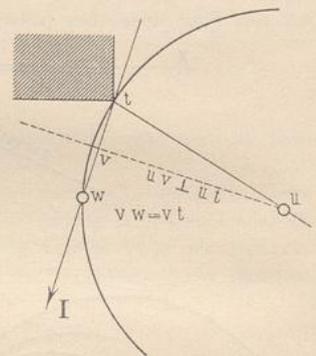
Nimmt man ganz dieselben Ermittlungen in m vor, so fallen die Spannungen hier erheblich geringer aus, und die ungünstigste Spannung tritt demnach bei der Stellung der Pfette mit dem Stege rechtwinkelig zum Dache mit 712 kg für 1 qcm in n ein.

Noch mag erwähnt werden, daß die Schnitte der mit den Momenten gleich gerichteten Strahlen mit den zugehörigen Kreisen in der Regel sehr spitz ausfallen, also die Schnittpunkte nicht genau abzulesen sind. Für das scharfe Festlegen giebt es das einfache Mittel, daß man nicht bloß den Momentenstrahl tI durch den zu untersuchenden Punkt t (Fig. 603), sondern vom Mittelpunkt des zugehörigen Kreises auch noch die Rechtwinkelige uv dazu zieht; verdoppelt man dann den genau bestimmten Abstand tv bis w , so ist in w der gesuchte Schnitt von tI mit dem Kreise genau gefunden. In Fig. 603 sind alle Punkte so festgelegt.

Die Spannungen aus den drei Momenten in n fallen somit sämtlich verschieden aus; sie betragen 712 kg für 1 qcm aus II , 530 kg für 1 qcm aus III und 342 kg für 1 qcm aus I . Daraus folgt, daß die Pfette in der gewählten Stellung bezüglich des Punktes n sehr ungünstig ausgenutzt wird; es wäre viel günstiger, sie so zu drehen, daß die Spannungen aus II und III gleich werden und diejenige aus I kleiner bleibt; die größte Spannung würde dabei verringert, die Pfette also entlastet werden. Hieraus entsteht nun der zweite Teil der Untersuchung, nämlich die Frage, wie ist die Pfette zu verdrehen, damit zunächst die bezeichneten Spannungen in n gleich werden. Der Bequemlichkeit der Zeichnung wegen wird bei dieser Untersuchung nicht die Pfette gegen die festliegenden Momentenrichtungen, sondern diese werden in umgekehrtem Drehsinne gegen die feststehend gedachte Pfette verdreht.

Um nun diejenige Richtung zu erhalten, in welche II fallen muß, damit $\sigma_n II$ auf Grund des Abschnittes in Kreis $II = \sigma_n III$ auf Grund des Abschnittes in Kreis III wird, lege man den Winkel δ_1 zwischen II und III nach der Seite in n an den Durchmesser np an; auf der die Spannungsabschnitte in den Kreisen bisher abgelesen waren, verlege den Mittelpunkt III nach III' auf den anderen Schenkel dieses Winkels und bringe den um diesen neuen Mittelpunkt gefehlagenen Kreis III' mit dem ursprünglichen Kreise II zum Schnitte, der in $II'III'$ fällt. Das genaue Festlegen dieser meist spitzen Kreischnitte geschieht ähnlich, wie oben dasjenige der Spannungstrecken. Die Verbindungslinie von n mit diesem Schnittpunkte giebt die Richtung II' an, in die das Moment II gebracht werden muß, damit II und III in n gleiche Spannungen erzeugen; denn verdreht man nun III um den so für II erhaltenen Winkel δ_2 in die Lage III' , so schneidet diese Richtung gemäß der Entstehung des Punktes $II'III'$ im Kreise III die gleiche Länge ab, wie die Richtung II' im Kreise II , in diesem Falle $0,567 \text{ cm}$, so daß die von II und III in n erzeugten Spannungen beide gleich $0,567 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 294 \text{ kg}$ für 1 qcm betragen, während die

Fig. 603.



Spannung, die von dem um den gleichen Winkel δ_2 nach I' verdrehten Moment I erzeugt wird, kleiner bleibt, in diesem Falle zufällig O ist, weil die Richtung I' , durch n gezogen, den Kreis in n gerade berührt. Hiermit ist also für den Punkt n für sich ein sehr günstiger Spannungsausgleich erzielt, indem man die Pfette gegen die gezeichnete Stellung um den Winkel δ_2 zwischen den Richtungen OII und OII' , aber in umgekehrtem Sinne, mit dem Kopfe nach rechts, verdreht.

Untersucht man nun aber durch Eintragen der drei neuen Richtungen I' , II' und III' in die drei Kreise an m die Spannungen in diesem Punkte, so findet man, daß diese hier ganz wesentlich größer werden; insbesondere erhält man auf der Richtung I' den Abschnitt von 1,36 cm am Kreise I , also die Spannung $1,36 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 706$ kg für 1 qcm aus I' in m , woraus folgt, daß mit dem günstigen Ausgleich in n allein keine vorteilhafte Pfettenstellung gefunden ist. Man muß den Ausgleich durch Pfettenverdrehung vielmehr so vornehmen, daß die größte Spannung in m der größten in n gleich wird, und die beiden anderen sowohl in m als auch in n kleiner ausfallen.

Dies führt dazu, die Momentenrichtungen gegen die Pfette so einzustellen, daß die Spannung σ_{mI} aus Moment I in m der Spannung σ_{nII} aus II in n gleich wird; die vier Spannungen σ_{mII} , σ_{mIII} , σ_{nI} und σ_{nIII} bleiben dann sämtlich kleiner, und die denkbar günstigste Pfettenstellung ist damit gefunden. Zu diesem Zwecke übertrage man den Durchmesser mo in unveränderter Richtung nach n , oder $n\rho$ ebenso nach m , und trage den zwischen II und I liegenden Winkel δ_3 nach derjenigen Richtung von n oder m aus an diesen Durchmesser an, nach der die ausgleichenden Spannungsabschnitte gemessen waren; in Fig. 602 ist ersteres geschehen. Nun verlege man den Mittelpunkt I von der übertragenen Lage des Durchmessers nach I'' auf die verdrehte Lage, schlage von hier aus einen Kreis I'' und bestimme seinen Schnitt II'' mit dem Kreise II in n . Die Richtung nII'' giebt dann diejenige Richtung II'' an, in welche Moment II zu legen ist, damit die Spannung aus II in n gerade so groß wird, wie diejenige aus I in m ; denn, wenn man nun I'' gegen I mit dem gleichen Winkel δ_4 festlegt, wie II'' gegen II , dann die Strahlstrecke mI'' bei m und nII'' bei n mißt, so müssen diese gleich ausfallen, wie aus der Ermittlung dieser Richtungen ohne weiteres folgt. Beide sind in diesem Falle gleich 1 cm, geben also die Spannungen an:

$$\sigma_{mI} = \sigma_{nII} = 1 \cdot 0,015 \cdot 34600 = 519 \text{ kg für 1 qcm.}$$

Legt man schließlich die Richtung III'' gegen III mit dem Winkel δ_4 auch ebenso fest wie II'' gegen II und ermittelt nun mit diesen Richtungen $mII'' = \sigma_{mII}$ und $mIII'' = \sigma_{mIII}$ bei m , $nIII'' = \sigma_{nIII}$ und $nI'' = \sigma_{nI}$ bei n , von denen die letztere nicht mehr eingetragen ist, so sind diese sämtlich kleiner als 519 kg für 1 qcm; demnach ist nun der günstigste Ausgleich der Spannungen erzielt, und die Pfettenspannung von 712 kg für 1 qcm durch Verdrehen der Pfette auf 519 kg für 1 qcm heruntergebracht.

Die Richtung I'' muß nun als diejenige des Moments I aus Eigenlast und Schnee lotrecht sein; sie ist in die Pfette selbst mit der Bemerkung »muß lotrecht werden« eingetragen, wodurch die endgültige Stellung der Pfette festgelegt ist. Die Pfette muß demnach mit dem Kopfe um den Winkel δ_4 nach rechts gedreht gestellt und so befestigt werden, damit die Punkte m und n , ersterer aus Eigenlast und Schnee, letzterer aus Eigenlast, Schnee und Wind, beide die höchste vorkommende Spannung von 519 kg für 1 qcm erhalten.

Es ist selbstverständlich, daß man die für den Fall zu wählende Pfette schwächer halten kann, da die Spannung weit unter der zulässigen liegt; hier kam es nur darauf an, den Weg der Spannungsermittlung und des Festlegens der Pfettenstellung zu zeigen.

Bezüglich der Verwendung der verschiedenen Querschnittsformen ist zu erwähnen, daß man für gewöhnliche Träger (Balken, Unterzüge, Kappenträger u. f. w.) I-Profile oder, wenn man eine glatte Seite und wenig seitliche Steifigkeit verlangt, C-Profile wählt. L-Eisen kommen in zusammengesetzten Trägern vorwiegend mit anderen Eisenforten vereinigt vor; L-Träger werden wohl aus zwei Winkelleisen gebildet; die ganz schwachen Sorten werden auch für sich allein zu Dachlatten gebildet; die ganz schwachen Sorten werden auch für sich allein zu Dachlatten für Ziegeldächer verwendet. Z-Eisen werden mit Vorliebe als Pfetten, namentlich für Wellblechdeckungen, benutzt, und kleine L-Eisen bilden die Träger für die Glas tafeln kleinerer Decken- und Dachlichter, während die Tafeln großer Glasflächen auf Rinneneisen oder das kleinste Belageisen gelagert werden. Die Belageisen verwendet man auch vielfach zur Herstellung eiserner Decken mit Zement- oder Asphalt-estrich, indem man sie quer über die dann in weiter Teilung angeordneten Balken dicht oder doch nahe aneinander rückt.

316.
Anwendung
der
verschiedenen
Walzeisen.

Diese einfachen Walzprofile durch gegenseitige Vernietung oder Aufnieten von Kopf- und Fußplatten zu verstärken, ist nicht empfehlenswert, weil (vergl. Fig. 465, S. 181) durch die Nietlöcher fast ebenso viel verloren geht, wie man durch die Verstärkung gewinnt.

Die in den Tabellen enthaltenen Normalprofile müssen selbst unter Aufwendung überflüssigen Eisengewichtes durch Wahl zu starker Querschnitte stets beibehalten werden, da das Walzen neuer Profile für bestimmte Zwecke unverhältnismäßig teuer ist.

Die Verwendung der Walzträger ist durchzuführen, solange die Querschnitte für die geforderte Leistung irgend ausreichen, da ihr Preis nur wenig mehr, als die Hälfte desjenigen von zusammengenieteten Trägern beträgt. Ein Teil dieses Gewinnes geht allerdings dadurch wieder verloren, daß man, abgesehen von der meist nicht zu vermeidenden Wahl zu starker Querschnitte überhaupt, bei Walzträgern nicht in der Lage ist, sich der Abnahme der Biegemomente durch Verschwächung des Querschnittes anzuschmiegen.

Uebrigens mag bezüglich der Berechnung noch hervorgehoben werden, daß man sich für manche der hier erwähnten, aus einfachen Walzprofilen zusammengesetzten Querschnitte mit Vorteil der in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angegebenen Steifigkeitsziffern c (siehe Gleichung 188, S. 205) und Schwerpunktsbestimmungen e bedienen kann.

Beispiel. Ein 3,0 m frei liegender Träger, welcher auf 1 cm Länge 8 kg zu tragen hat, soll, der Verbindung mit anderen Konstruktionsteilen wegen, aus zwei ungleichschenkeligen Normal-L-Eisen des Schenkelverhältnisses $1 \times 1,5$ nach Nr. 12 der Zusammenstellung auf S. 207 gebildet werden.

Das Trägheitsmoment ist $\mathcal{I} = 2fh^2c = 2fh^2 \cdot 0,231$ und der Abstand der entferntesten Faser vom Schwerpunkte $e = 1,5h - e_1 = (1,5 - 0,506)h = 0,994h$. Die allgemeine Gleichung $M = \frac{\sigma e}{\mathcal{I}}$ liefert in diesem Falle also, wenn die zulässige Beanspruchung 900 kg für 1 cm beträgt,

$$\frac{8 \cdot 300^2}{8} = \frac{900 \cdot 0,994h}{2fh^2 \cdot 0,231} \quad \text{oder} \quad fh = \frac{2 \cdot 0,231 \cdot 8 \cdot 300^2}{900 \cdot 0,994 \cdot 8} = 46,5.$$

Dem genügt zuerst das Winkelisen $5 \times 7,5 \times 0,9$ mit $fh = 10,44 \cdot 5 = 52,2$; aus zwei solchen ist sonach der Träger zusammenzusetzen.

3) Blechträger.

317.
Querschnitt
und
Konstruktion.

Blechträger werden aus Winkelisen und vollen Blechplatten zusammengesetzt, und zwar fast ausschließlich in I-Form (Fig. 604) oder in Kastenform (Fig. 605); letztere erreicht bei thunlichster Höheneinschränkung eine breite Oberfläche, z. B. zum Tragen starker Mauern, macht aber die Unterhaltung der nur bei sehr großen Trägern zugänglichen Innenflächen in den meisten Fällen unmöglich.

Die Kopf- und Fußplatten läßt man nicht mehr, als um ihre 8fache Dicke über die Winkelisen frei vortragen; sind mehrere da, so werden alle gleich breit gemacht. Die lotrechten Blechwände müssen über allen Auflagern und an den Angriffstellen von Einzellaften durch 1, 2 oder 4 angenietete Winkelisen versteift werden, welche entweder gekröpft (Fig. 604 u. 605 rechts) oder beim Einlegen von Füllstreifen (Fig. 604 u. 605 links) gerade gelassen werden.

Fig. 604.

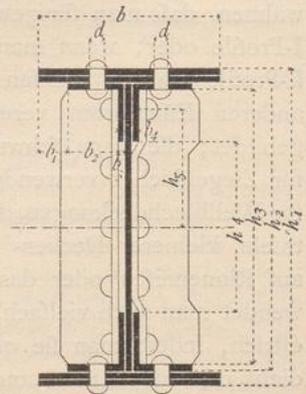
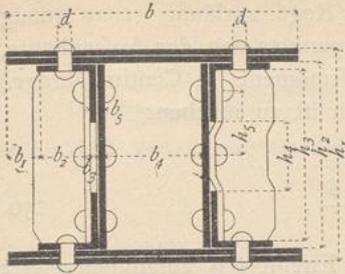


Fig. 605.



Die verwendeten Blechdicken steigen von 6 bis 20 mm; die Größe der einzelnen Tafeln richtet sich nach der Handelsgröße der Bleche, welche in den letzten Jahren durch Vervollkommnung des Walzverfahrens so gewachsen ist, daß man selbst vor Blechgrößen von 8 m Länge und 1,50 m Breite nicht zurückzuschrecken braucht; sehr dünne Bleche nimmt man kleiner, da sie sonst zu unhandlich werden. Bezüglich der Verbindung mehrerer Tafeln zu einer großen Blechwand vergl. Art. 236 (S. 177).

Von den »Deutschen Normalprofilen« für Winkeleisen werden vorwiegend die gleichschenkeligen mit Schenkelbreiten von 4 bis 12 cm verwendet; ungleichschenkelige benutzt man mit absteigendem langen Schenkel dann, wenn man vom Träger große Seitensteifigkeit verlangt; sonst werden sie wegen des höheren Preises vermieden.

Die Niete, deren Dicke sich nach der Stärke der verwendeten Eisen (siehe Art. 208, S. 152) richtet, sind in den Winkeleisen nach Fig. 432 bis 436 (S. 160 u. 161) anzuordnen. In den Gurtungsplatten hat man früher die Niete der verschiedenen (meist 2) Reihen wohl gegeneinander versetzt. Dies ist indes nach dem in Art. 240 (S. 180) geführten Nachweise verkehrt, weil die schiefe Lochung die Platten mehr schwächt, als die doppelte; dagegen werden die Niete in den beiden Schenkeln der Winkeleisen stets versetzt (Fig. 607). Die Kopf- und Fußplatten laufen nicht bis zu den Trägerenden, sondern hören da auf, wo der Querschnitt ohne sie für das größte Moment dieser Stelle stark genug ist.

Wirken die Lasten in der lotrechten Mittelachse, so erfolgt die Spannungsermittlung nach Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (Art. 298, S. 262¹⁴⁰), bei schiefer Beanspruchung nach Art. 324 (S. 282) und den obigen Beispielen 2 und 3 (S. 247 u. 248) für Walzträger. In allen Fällen wird das Trägheitsmoment für die wagrechte Schwerachse gebraucht. Dasselbe beträgt nach Fig. 604 für I-förmige Träger¹⁴¹)

$$J = (b - 2d) \frac{h_1^3}{12} - 2b_1 \frac{h_2^3}{12} - 2(b_2 - d) \frac{h_3^3}{12} - 2b_3 \frac{h_4^3}{12}; \quad . \quad . \quad 248.$$

fehlen die Kopf- und Fußplatten, so sind die Niete in den lotrechten Winkelschenkeln nach dem Ansatz $- 2b_4 d h_5^2$ in Abzug zu bringen.

Für Kastenträger nach Fig. 605 beträgt das Trägheitsmoment

$$J = (b - 2d) \frac{h_1^3}{12} - (2b_1 + b_4) \frac{h_2^3}{12} - 2(b_2 - d) \frac{h_3^3}{12} - 2b_3 \frac{h_4^3}{12}; \quad . \quad 249.$$

fehlen hier die Platten, so ist der Nietabzug für die Niete in den Blechwänden $- 2 \cdot 2 d b_5 h_5^2$.

In die Formeln für die Spannungen sind die Trägheitsmomente einzuführen, zu deren Berechnung man den Querschnitt zunächst annehmen muß. Die Querschnitte müssen also durch Versuch festgestellt werden.

Auf diesem Wege ist die Querschnittsbestimmung zeitraubend. Es empfiehlt sich daher, zunächst Näherungsformeln zu verwenden und ihr Ergebnis dann in entsprechender Weise zu berichtigen. Solche Näherungsformeln sind die folgenden.

¹⁴⁰) 2. Aufl.: Art. 88, S. 65; 3. Aufl.: Art. 97, S. 76.

¹⁴¹) Vergl. auch: ZIMMERMANN. Tabellen für Trägheitsmomente von Blechträgern. Berlin.

Es bezeichnen h die ganze Trägerhöhe (in Centim.), f den Querschnitt einer Gurtung ohne Blechwand (in Quadr.-Centim.), a (in der Regel vorläufig genau genug mit 3 cm anzunehmen) den Abstand des Gurtungschwerpunktes von der Aufsenkante, s die zulässige Beanspruchung für 1 qcm, M das Angriffsmoment (in Centim.-Kilogr.) und δ die Dicke der Blechwand (in Centim.). Alsdann ist zu machen:

1) wenn die Trägerhöhe h vorgeschrieben ist,

$$f = \frac{M}{s(h-2a)} - \frac{(h-2a)\delta}{6}, \dots \dots \dots 250.$$

2) oder wenn f aus bestimmt vorgeschriebenen Eifenforten zusammengesetzt werden soll, daher als gegeben zu betrachten ist,

$$h = \sqrt{\frac{6M}{s\delta} + \left(\frac{3f}{\delta} + a\right)^2} - \left(\frac{3f}{\delta} - a\right). \dots \dots \dots 251.$$

Nachdem der Trägerquerschnitt hiernach ausgebildet ist, berechne man sein Trägheitsmoment \mathcal{J} nach Gleichung 248 oder 249, daraus $\frac{2\mathcal{J}}{h}$; und ebenso ermittle man die Gröfse $\frac{M}{s}$. Beide sollten gleich sein, werden aber in der Regel nicht gleich werden, weil die Gleichungen 248 u. 249 nur annähernd richtig sind.

Man bilde nun den Unterschied $\Delta = \frac{M}{s} - \frac{2\mathcal{J}}{h}$, wobei auf das Vorzeichen besonders acht zu geben ist, und führe nun eine der folgenden Berichtigungsrechnungen durch.

1) Kopfplatten sind nicht vorhanden. Die Berichtigung erfolgt dann durch Aenderung der Trägerhöhe h um

$$x_h = \left[-\left(\frac{h}{2} - a\right) + \sqrt{\frac{3\Delta h}{2(6f + \delta h)} + \left(\frac{h}{2} - a\right)^2} \right] 2. \dots \dots \dots 252.$$

2) Kopfplatten der Gesamtdicke δ_1 sind auf jeder Gurtung vorhanden. Die Berichtigung erfolgt alsdann durch Aenderung der Kopfplattenbreite b um

$$x_b = \frac{\Delta h}{\delta_1(h - \delta_1)^2} \dots \dots \dots 253.$$

319.
Beispiele.

Beispiel 1. Ein Träger von 10 m Länge trägt, aufser 5 kg gleichmäfsig verteilter Last auf 1 cm, in der Mitte noch eine Einzellaft von 30000 kg. Der Träger soll I-förmig, 80 cm hoch, für $s = 900$ kg auf 1 qcm und mit $d = 1$ cm starker Blechwand ausgebildet werden. Das Biegemoment ist

$$M = \frac{5 \cdot 1000^2}{8} + \frac{30000 \cdot 1000}{4} = 8125000 \text{ cmkg.}$$

Wird der Abstand a des Schwerpunktes einer Gurtung von ihrer Aufsenkante vorläufig schätzungsweise mit $a = 3$ cm eingeführt, so ist nach Gleichung 250

$$f = \frac{8125000}{900(80 - 2 \cdot 3)} - \frac{(80 - 2 \cdot 3)1}{6} = 122 - 12,4 = 109,6 = \infty 110 \text{ qcm.}$$

2 L-Eifen von $10 \times 10 \times 1,2$ Querschnitt geben nach Abzug eines $2,5$ cm-Nietloches

$$2(10 + 8,8 - 2,5)1,2 = 39,2 \text{ qcm,}$$

3 Kopfplatten von 29×1 Querschnitt $3 \cdot 1(29 - 2 \cdot 2,5) = 72$ »

zusammen 111,2 qcm.

Für Gleichung 248 wird nunmehr bei diesem Querschnitte $h_1 = 80$ cm; $h_2 = 80 - 6 = 74$ cm; $h_3 = 80 - 8,4 = 71,6$ cm; $h_4 = 80 - 2 \cdot 13 = 54$ cm; $b = 29$ cm; $b_1 = \frac{29 - 21}{2} = 4$ cm; $b_2 = 8,8$ cm; $b_3 = 1,2$ cm, $b_4 = 3,4$ cm, und $d = 2,5$ cm; somit

$$\mathcal{F} = (29 - 2 \cdot 2,5) \frac{80^3}{12} - 2 \cdot 4 \frac{74^3}{12} - 2 (8,8 - 2,5) \frac{71,6^3}{12} - 2 \cdot 1,2 \frac{54^3}{12} = 336943;$$

daher

$$\frac{2\mathcal{F}}{h} = \frac{2 \cdot 336943}{80} = 8423.$$

Dagegen ist $\frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028$; somit $\Delta = 9028 - 8423 = +605$. Die Berichtigung erfolgt durch Verbreiterung der Kopfplatten nach Gleichung 253 um

$$x_b = \frac{605 \cdot 80}{3(80 - 3)^2} = 2,7 \text{ cm},$$

so dass die Kopfplatten $29 + 2,7 = 31,7$ cm breit zu machen sind. Rechnet man hierfür das Trägheitsmoment nochmals genau nach, so ergibt dies genau die Spannung von 900 kg für 1 qcm.

Beispiel 2. Der vorstehend angegebene Träger soll in Kastenquerschnitt mit Gurtungen aus 2 Platten von 40×1 cm Querschnitt und 2 L-Eisen von $11 \times 11 \times 1$ cm Querschnitt nach Fig. 605 ausgebildet werden; wie groß ist die Höhe zu machen? Der Nietdurchmesser ist $d = 2$ cm.

$$2 \text{ Winkelisen } 11 \times 11 \times 1 \text{ geben } 2(11 + 10 - 2) \cdot 1 = 38,$$

$$2 \text{ Platten } \dots 40 \times 1 \quad \cdot \quad 2(40 - 2 \cdot 2) \cdot 1 = 72;$$

$$\text{also ist } f = 110 \text{ qcm.}$$

Nach Gleichung 251 folgt, wenn a wieder mit 3 cm eingeführt wird,

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot 8125000}{900 \cdot 2} + \left(\frac{3 \cdot 110}{2} + 3\right)^2} - \left(\frac{3 \cdot 110}{2} - 3\right) = 73,2 = \infty 74 \text{ cm},$$

da für zwei Wände $\delta = 2$ cm ist.

Für Benutzung der Gleichung 249 bestimmt sich in Bezug auf Fig. 605: $b - 2d = 40 - 4 = 36$; $2b_1 + b_4 = 40 - 2(11 + 1) = 16$ cm; $b_2 - d = 10 - 2 = 8$ cm; $b_3 = 1$ cm; $h_1 = 74$ cm; $h_2 = 70$ cm; $h_3 = 68$ cm, und $h_4 = 48$ cm; also nach Gleichung 249

$$\mathcal{F} = 36 \frac{74^3}{12} - 16 \frac{70^3}{12} - 2 \cdot 8 \frac{68^3}{12} - 2 \cdot 1 \frac{48^3}{12} = 320664 \text{ und}$$

$$\frac{2\mathcal{F}}{h} = \frac{2 \cdot 320664}{74} = 8667 \text{ cm}; \quad \frac{M}{s} = \frac{8125000}{900} = 9028; \quad \Delta = 9028 - 8667 = +361.$$

Die Berichtigung ist nach Gleichung 252 einzuführen mit

$$x_h = \left[-\left(\frac{74}{2} - 3\right) + \sqrt{\frac{3 \cdot 361 \cdot 74}{2(6 \cdot 110 + 2 \cdot 74)} + \left(\frac{74}{2} - 3\right)^2} \right] 2 = \infty 1,5 \text{ cm}.$$

Der Träger ist also $74 + 1,5 = 75,5$ cm hoch zu machen. Nochmaliges Nachrechnen von \mathcal{F} auf Grund dieser Höhe ergibt eine genaue Spannung von 913 kg; es empfiehlt sich also, die Höhe mit 76 cm auszuführen, was übrigens so wie so geschehen würde.

Ein wesentlicher Vorteil der zusammengesetzten Träger liegt in der Möglichkeit, den Querschnitt durch Weglassen einzelner Gurtungsteile der Abnahme des Biegemoments entsprechend verschwächen zu können.

Diese Verschwächung erfolgt regelmässig durch Weglassen der Kopfplatten, die übrigen Teile: Wand und Gurtungswinkel, laufen unverändert durch. Die Stelle, an welcher eine bestimmte Kopfplatte aufhören kann, ist folgendermassen festzulegen.

Man berechne das Trägheitsmoment \mathcal{F} , welches der Träger nach Weglassen der fraglichen Platte noch behält, und daraus das zugehörige Widerstandsmoment $\frac{\mathcal{F}}{e}$. Dann stelle man die allgemeine Formel für das Angriffsmoment für den um x vom Lager entfernten Querschnitt M_x auf und setze $\frac{M_x}{s} = \frac{\mathcal{F}}{e}$, wodurch man eine Gleichung mit der einzigen Unbekannten x erhält. Die Platte muss dann über die so festgelegte Stelle hinaus nach dem Auflager zu noch um so viel verlängert werden, dass ein Befestigungsniet in der regelmässigen Teilung ausserhalb des theoretischen Plattenanfangs Platz findet.

320.
Veränderung
des
Querschnittes.

Beispiel. Um die Stelle für den im obigen Beispiele 1 (S. 254) festgelegten I-Träger zu berechnen, wo die innerste Gurtungsplatte aufhören darf, ist zunächst das Trägheitsmoment für den bloß aus Wand und Winkleisen bestehenden Querschnitt wegen des nun veränderten Nietabzuges neu aufzustellen. Es beträgt (Fig. 606) nach Gleichung 248

$$J = 21 \frac{74^3}{12} - 2 \cdot 8,8 \frac{71,6^3}{12} - 2 \cdot 1,2 \frac{54^3}{12} - 2 \cdot 2,5 \cdot 3,4 \cdot 32^3 = 121892.$$

Der Auflagerdruck des fraglichen Trägers ist $\frac{30000}{2} + \frac{5 \cdot 1000}{2} = 17500$ kg; somit das Biegemoment an der um x vom Lager entfernten Stelle

$$M_x = 17500 x - \frac{5 x \cdot x}{2}.$$

Die Gleichung für die Abseife des theoretischen Endes der letzten Platte ist also

$$17500 x - \frac{5 x^2}{2} = \frac{900 \cdot 121892 \cdot 2}{74}$$

und giebt $x = 175$ cm. Ueber den Punkt, welcher 175 cm von Auflagermitte entfernt ist, muß also die letzte Platte noch so weit nach dem Lager zu hinausgeführt werden, daß sie außerhalb dieser Stelle noch von einer Nietreihe in der regelmäßigen Teilung gefast wird.

321.
Anordnung
der
Niete.

Die Nietteilung der Winkleisen ergibt sich nach Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 329 (S. 289¹⁴²) aus den von den lotrechten Querkräften hervorgerufenen Scherspannungen zwischen Winkleisen und Blechwand, muß jedoch nur bei niedrigen Trägern berechnet werden.

Bei gewöhnlichen Trägern wird man innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben, wenn man die Teilung etwa gleich $6d$ macht. Die Teilung wird theoretisch in den lotrechten Winkelschenkeln und der Wand enger, als in den wagrechten und den Platten. Wenn man also die für die lotrechten Schenkel berechnete Teilung durch Verzetzen der Niete auf die wagrechten überträgt, so hat man jedenfalls stark genug konstruiert.

Soll die Wand für sehr hohe Träger aus zwei Blechtafeln übereinander zusammengefaßt werden, so ergibt sich die Lafschung der wagrechten Fuge gleichfalls nach dem eben genannten Artikel und den im vorhergehenden (Art. 189 bis 218, S. 141 u. 159) gegebenen Regeln; diese Anordnung ist jedoch höchst selten.

Die Verlaschung von Gurtungsteilen ist zu berechnen, indem man ihren Querschnitt abzüglich der Nietlöcher als mit der in der obersten Faser zugelassenen Spannung voll beansprucht betrachtet und die Nietung auf die so ermittelte Kraftgröße einrichtet. Bezüglich der Form dieser Lafschungen sind Fig. 432 bis 435, 466 u. 467 maßgebend.

Häufig kommen Stöße der Blechwand in lotrechter Fuge vor, deren genaue Berechnung für die oberen und unteren Teile enge, für die Mitte weite Teilung der Niete ergeben würde. In der Praxis berechnet und bemißt man diese Verlaschung mit unveränderlicher Nietteilung nach den in Art. 236 (S. 177) gegebenen Regeln, sowie nach den in Art. 217 u. 218 (S. 159) gegebenen über die Nietstellung in doppelten Verlaschungen.

Beispiel. Wäre in dem in den obigen Beispielen zweimal behandelten Träger in Fig. 606 eine doppelte Verlaschung der Wand auszuführen an einer Stelle, wo die Spannung wegen Abnahme des Moments

Fig. 606.

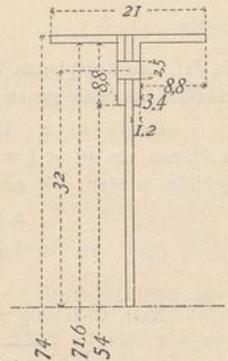
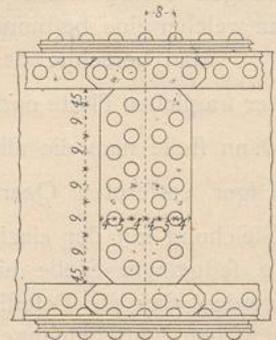


Fig. 607.



¹⁴²⁾ 2. Aufl.: Art. 104 (S. 78); 3. Aufl.: Art. 120 (S. 104).

nur noch 700 kg für 1 qcm in der Kante der Wand beträgt, so wäre mit Bezug auf Gleichung 174 (S. 177) und Gleichung 175 (S. 178) $s' = 700$, die Tragfähigkeit eines Nietes von 2,5 cm Durchmesser auf Abföherung $2 \frac{2,5^2 \pi}{4} 700 = 6860$ kg, für $s' = 700$ kg auf 1 qcm, und auf Laibungsdruck in der $\delta = 1$ cm starken Wand $2,5 \cdot 1 \cdot 1400 = 3500$ kg; somit $k = 3500$ kg, $h = 74$ cm, $h_1 = 74 - 2 \cdot 5 = 64$ cm, und es ergibt sich die Nietzahl zu

$$n = \frac{1}{2} \left[\frac{700 \cdot 1 \cdot 74^2}{3500 \cdot 64} - 1 + \sqrt{\left(\frac{700 \cdot 1 \cdot 74^2}{3500 \cdot 64} - 1 \right)^2 - 8} \right] = \infty 16.$$

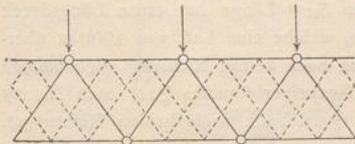
Somit ist eine zweireihige Nietung nötig, da die 16 Niete nicht in einer Reihe Platz haben. Um die Reihen versetzen zu können, ist mit Rückficht auf die vollständige Vernachlässigung der Reibung die Zahl auf 15 beschränkt, und die beiden Reihen von 8 und 7 Niete sind dann etwa wie in Fig. 607 dargestellt anzuordnen. Dabei verbleiben überall die durch die Regeln über die zweireihige doppelte Verlastung in Art. 217 (S. 159) verlangten Abstände.

4) Gitterträger.

Gitterträger kommen an Stelle der Blechträger in Anwendung, wenn der Trägerquerschnitt hoch wird, oder wenn das schwere Aussehen der vollen Wand vermieden werden soll. Man verwendet sie aber auch sehr häufig dann, wenn es sich um die Aufnahme einer regelmässigen Reihe von Einzellasten (Balken einer Balkenlage) handelt.

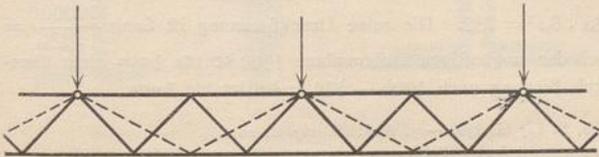
Die gedrückte Gurtung muss so steif sein, dass sie zwischen zwei Knotenpunkten nicht lotrecht und im Ganzen nicht wagrecht ausknickt; in letzterer Beziehung ist sie häufig durch anderweitige Bauteile versteift. Die Entfernung der Knotenpunkte ist demnach höchstens gleich der Länge l_1 eines auf Zerknicken in Anspruch genommenen Stabes zu wählen, welche aus Gleichung 190 in Art. 283 (S. 205) bei m -facher Sicherheit ($m = 5$) folgt, wenn darin E die Elastizitätsziffer bezeichnet und wenn P der Druckkraft in der Gurtung und \mathcal{I} dem kleinsten Trägheitsmoment des Gurtungsquerschnittes gleich gesetzt wird. Dabei sind die ganze Gurtungskraft und das Trägheitsmoment des ganzen Querschnittes einzuföhren, wenn die Teile der Gurtung durch Nietung zu einem Ganzen verbunden sind. Sind sie voneinander getrennt (z. B. 2 Winkeleisen mit Schlitz), so ist für jeden einzelnen der auf ihn kommende Teil der Gurtungspresskraft und sein kleinstes Trägheitsmoment einzuföhren.

Fig. 608.



Die Gitterstäbe sollen mindestens etwa 30 Grad gegen die Wagrechte geneigt sein. Ist also die Lastteilung mit Rückficht auf Zerknicken als Knotenteilung zulässig, und bleiben die Stäbe dabei steiler als 30 Grad, so wird nur ein Dreiecksnetz von Gitterstäben eingefügt (Fig. 608); kommen dabei aber die Stäbe flacher zu liegen, als 30 Grad, so hat man noch Knotenpunkte zwischen die Lastpunkte einzulegen (Fig. 609). Liegen dagegen die Lastpunkte bei grosser Trägerhöhe eng, so reicht häufig ein Stab noch über den nächsten Lastpunkt hinaus, und man kommt dann zum mehrfachen Gitterwerke (Fig. 610).

Fig. 609.



Handbuch der Architektur. III. 1. (3. Aufl.)

322.
Anwendung
und
Gestaltung.

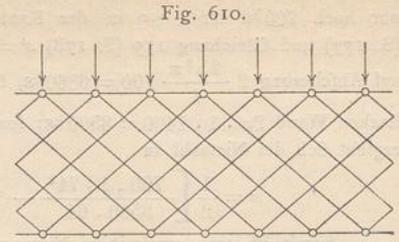
Das Gitterwerk ist r -fach,

wenn ein Wandglied $\frac{r}{2}$ Knotenteilungen unterspannt. Sind die Gitterstäbe schwach ausgebildet (Bandeisen), so legt man

zu ihrer gegenseitigen Verfeinerung auch dann mehrfaches Gitterwerk ein, wenn es nicht durch das Verhältnis der Lastknotenentfernung zur Trägerhöhe bedingt ist (in Fig. 608 gestrichelt).

323.
Gurtungen.

Für die rechnerische, bzw. zeichnerische Ermittlung der Spannkkräfte in den Gurtungen und Gitterstäben der Parallelträger ist in Teil I, Band 1, zweite Hälfte (Abt. II, Abchn. 2, Kap. 2, b: Innere Kräfte der Gitterträger, S. 338 bis 359¹⁴³) dieses »Handbuches« das Erforderliche zu finden.



Der Querschnitt f der Gurtung ergibt sich aus dem Angriffsmoment an der untersuchten Stelle, wenn h die Höhe zwischen den Gurtungsschwerpunkten und s' die zulässige Spannung bezeichnet, aus den Gleichungen 194 u. 195 (S. 343¹⁴⁴) des eben genannten Halbbandes zu

$$f = \frac{M}{s' h} \dots \dots \dots 254.$$

Auch hier können häufig die in der Zusammenstellung auf S. 206 bis 211 angeführten Steifigkeitszahlen c (siehe Gleichung 188, S. 205) Verwendung finden, namentlich dann, wenn der Träger nicht bloß auf Biegung, sondern wegen eines vorhandenen Längsdruckes, auch auf Zerknicken zu berechnen ist.

324.
Beispiele.

Beispiel 1. Die Gurtungen eines Gitterträgers, welcher einem Biegemoment von 990 000 cmkg ausgesetzt ist, sollen aus Winkeleisen von $8 \times 8 \times 0,8$ cm Querschnitt gebildet werden; wie hoch ist der Träger zu machen?

Für Nr. 28 der Zusammenstellung auf S. 211 ist $h = 8$, $c = 0,177 + \frac{k}{4}(k - 1,148)$, der Abstand der äußersten Faer $e = \frac{k h}{2}$ und das Trägheitsmoment $\mathcal{J} = 4 f h^2 c$; somit

$$\mathcal{J} = 4 f h^2 \left[0,177 + \frac{k}{4}(k - 1,148) \right].$$

Darin ist $f = (8 + 7,2) 0,8 = 12,2$ qcm. Die Gleichung $M = \frac{s \mathcal{J}}{e}$ lautet hier, wenn die zulässige Spannung $s = 700$ kg ist,

$$990000 = \frac{700 \cdot 4 \cdot 12,2 \cdot 8^2 \left[0,177 + \frac{k}{4}(k - 1,148) \right] 2}{k \cdot 8},$$

woraus $k = 8,3$. Die Trägerhöhe $k h$ wird also $8 \cdot 8,3 = 66,4$ cm.

Beispiel 2. Ein Feld einer geraden oberen Gurtung von 5,2 m Länge hat einen Längsdruck von 38 000 kg aufzunehmen; außerdem ruht in der Mitte eine Pfette, welche eine Last von 4000 kg überträgt. Die Befestigung an beiden Enden ist derart, daß Einspannung nach keiner Richtung angenommen werden kann. Die Gurtung soll I-förmig aus 4 Winkeleisen des Schenkelverhältnisses 1 : 2 nach Nr. 27 der Zusammenstellung auf S. 211 so hergestellt werden, daß der Querschnitt nach beiden Richtungen voll ausgenutzt wird.

Mit Rücksicht auf seitliches Ausknicken ist der Querschnitt bezüglich der lotrechten Mittelachse nach Gleichung 189 (S. 212) auszubilden, welche bei ($m =$) 5-facher Sicherheit und für $k_1 = 0,34$, also $c = 1,2231$ lautet:

$$4 f h^2 = \frac{5 \cdot 38000 \cdot 520^2}{10 \cdot 2000000 \cdot 1,2231} \quad \text{und} \quad f h^2 = 522.$$

Das leichteste Winkeleisen der bezeichneten Art, das dieser Bedingung genügt hat $6,5 \times 13 \times 1$ cm Querschnitt mit $f = 18,5$, also $f h^2 = 18,5 \cdot 6,5^2 = 782$. Die reine Druckspannung ist somit $\frac{38000}{4 \cdot 18,5} = 514$ kg; soll also die höchste Spannung bei der ungünstigen Lastannahme 1000 kg für 1 qcm nicht überschreiten, so ist die zulässige Spannung durch Biegung noch $1000 - 514 = 486$ kg für 1 qcm.

¹⁴³) 2. Aufl.: Abt. II, Abchn. 3, Kap. 2, b, S. 147 bis 170. — 3. Aufl.: S. 167 bis 203.

¹⁴⁴) 2. Aufl.: Gleichungen 208 u. 209 (S. 156). — 3. Aufl.: Gleichungen 212 u. 213 (S. 175 u. 176).

Die Winkleifen wiegen 14,4 kg für 1 m; daher ist das Trägergewicht für 1 cm, einschl. eines Zuschlages für die Wandausbildung, welche später allgemein besprochen wird, $4 \frac{14,4}{100} + 0,024 = 0,6 \text{ kg}$, fomit das größte Biegemoment in der Mitte bei flacher Lage des Trägers

$$M = \frac{4000 \cdot 520}{4} + \frac{0,6 \cdot 520^2}{8} = 540280 \text{ cmkg.}$$

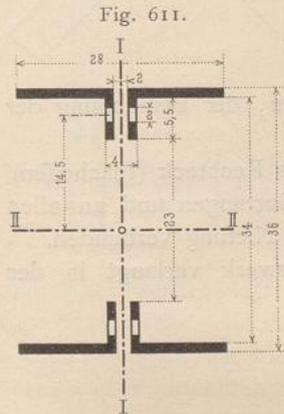
Für die wagrechte Mittelachse sind nun nach Nr. 27 der Zusammenstellung auf S. 212

$$J = 4 \cdot 18,5 \cdot 6,5^2 \left[0,124 + \frac{k}{4} (k - 0,928) \right] \text{ und } e = \frac{k \cdot 6,5}{2};$$

fomit

$$540280 = \frac{486 \cdot 4 \cdot 18,5 \cdot 6,5^2 \left[0,124 + \frac{k}{4} (k - 0,928) \right] 2}{k \cdot 6,5},$$

woraus $k = 5,457$. Die Gurtungshöhe k ist also $5,457 \cdot 6,5 = 35,5 \text{ cm}$ zu wählen. Mit Rücksicht darauf, daß bei der Berechnung auf Biegung die Nietlöcher nicht abgezogen sind, soll die Höhe mit 36 cm ausgeführt werden. Die Schlitzweite zwischen den Winkleifen ist $0,34 \cdot 6,5 = 2,2 \text{ cm}$ oder rund 2,0 cm.



Wird hier, wegen Verwendung der Annäherungsformeln, eine Prüfungsrechnung durchgeführt, so ergeben sich mit Bezug auf Fig. 611

$$J_{II} = (28 - 2) \frac{36^3 - 34^3}{12} + 2 \frac{34^3 - 23^3}{12} - 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 14,5^2 = 18762,$$

$$\frac{J_{II}}{e} = \frac{18762}{18} = 1042,$$

$$J_I = 2 \frac{28^3 - 2^3}{12} + 2 \cdot 5,5 \frac{4^3 - 2^3}{12} = 3708.$$

Die Druckspannung ist ohne Abzug der Nietlöcher $\frac{38000}{4 \cdot 18,5} = 514 \text{ kg}$, die Biegespannung $\frac{540280}{1042} = 518 \text{ kg}$, zusammen 1032 kg für 1 qcm. Die Ueberschreitung über 1000 kg für 1 qcm erklärt sich aus den Nietabzügen; erscheint sie unzulässig, so ist der Querschnitt noch etwas höher zu machen.

Die mit Rücksicht auf seitliches Ausknicken zulässige Druckspannung ist nach Gleichung 187, bzw. 189 (S. 205, bzw. 212)

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 3708}{5 \cdot 520^2} = 54850 \text{ kg (statt 38000 kg).}$$

Die zu hohe Tragfähigkeit erklärt sich daraus, daß bei der Auswahl des Winkleifens stark nach oben abgerundet werden mußte, weil die vorhandenen Querschnitte nicht paßten und alle schwächeren zu schwach waren.

Die Querschnittsform der Gurtungen ist in der Regel eine der in Fig. 612 bis 617 dargestellten; die Formen in Fig. 612 u. 613 können mit oder ohne

Fig. 612.



Fig. 613.



Fig. 614.



Fig. 615.



Fig. 616.

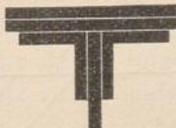
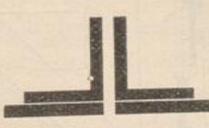


Fig. 617.



lotrechten Mittelschlitz angeordnet werden. Ist die Gurtung in Fig. 614 mit Schlitz versehen und kann Nässe den Träger erreichen, so muß die untere Gurtung die Gestalt von Fig. 617 erhalten, damit sich das Wasser im Schlitz nicht anfammelt.

Das Gitterwerk hat die lotrechten Querkräfte (siehe S. 317 u. ff. im eben genannten Halbbande¹⁴⁵⁾ aufzunehmen; hierbei

325.
Gitterstäbe.

¹⁴⁵⁾ 2. Aufl.: S. 126 u. ff.; 3. Aufl.: S. 143 u. ff.

Fig. 618.

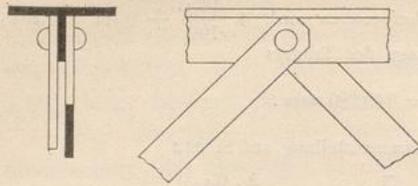


Fig. 619.

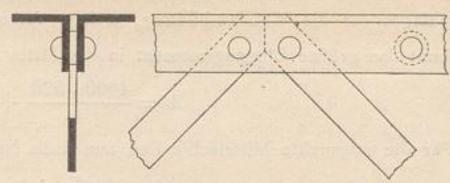
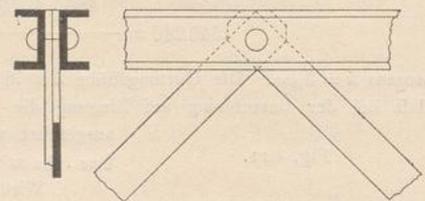


Fig. 620.



kann angenommen werden, daß sich die Querkraft gleichmäßig auf die vom lotrechten Schnitte getroffenen Gitterstäbe verteilt, d. h. bei n -fachem Gitterwerke muß die lotrechte Seitenkraft der Spannkraft eines Stabes dem n -ten Teile der Querkraft gleich sein. Hiernach lassen sich die Stabspannungen leicht berechnen, welche der Berechnung des Anschlusses an die Gurtungen, sowie, wenn sie Druck ergeben, der Berechnung der Stäbe auf Zerknicken zu Grunde zu legen sind.

Der Querschnitt der Gitterstäbe ist bei sehr kurzen das Rechteck (Flacheisen), bei längeren das L-, das E- oder das T-Eisen. Mit den Gurtungen und an allen Kreuzungspunkten unter sich werden die Gitterstäbe durch Nietung verbunden.

a) Der Gitterträger (Parallelträger) mit Flacheisennetzwerk verlangt in der Regel nur einen Niet im Anschlusse an die Gurtung und kann mit oder ohne Schlitz in der letzteren konstruiert sein. In Fig. 618 bis 621 sind Beispiele von Knotenpunktverbindungen solcher Träger dargestellt.

In Fig. 619 sind der enge Schlitz und das Aufgeben des strengen Dreiecksverbandes Mängel. Fig. 621 zeigt die Anordnung einer lotrechten Aussteifung, welche bei Flacheisennetzwerk größerer Träger unter jedem Lastpunkte, sowie über den Auflagern angebracht sein muß.

Die Querschnitts-abmessungen solcher Gitterstäbe gehen selten über 1 cm Dicke und 6 bis 8 cm Breite hinaus.

Fig. 621.

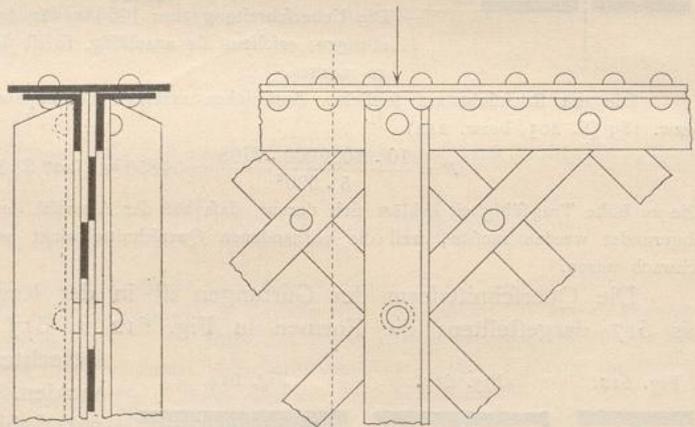


Fig. 622.

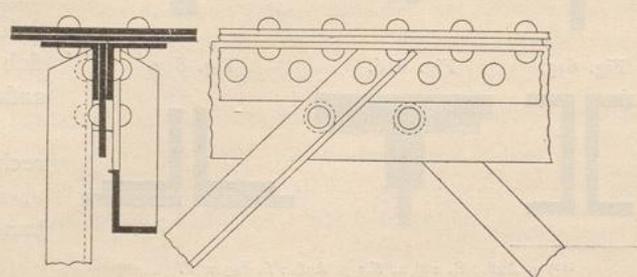


Fig. 623.

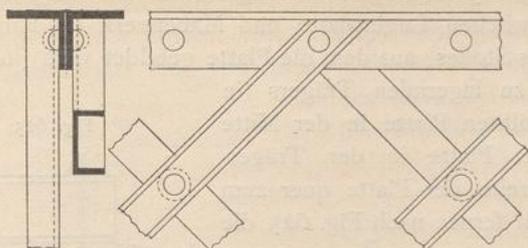
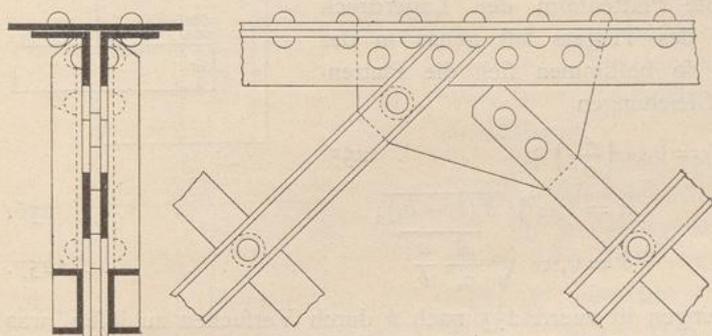


Fig. 624.



und daher werden unter Umständen Knotenbleche erforderlich (Fig. 511, S. 190 u. Fig. 624). Die einfachsten Formen lassen sich aus Fig. 618 bis 621 dadurch ableiten, daß man die Flacheisen durch L- oder C-Eisen ersetzt, dabei aber die etwa vorhandenen lotrechten Steifen wegläßt. Anderweitige Anordnungen zeigen Fig. 622 bis 624. Die gedrückten, von einem gezogenen gekreuzten Gitterstäbe können als im Kreuzungspunkte gegen Zerknicken aussteift angesehen werden.

c) Auflager der Träger.

Die Auflager der Träger erfordern in der Regel besondere Vorkehrungen. Die Auflagerflächen der Träger selbst sind gewöhnlich so schmal und, um an Trägerlänge zu sparen, so kurz, daß in der geringen Auflagerfläche der für Mauerwerk zulässige Druck überschritten wird. Die Träger zum Zwecke der Erzielung größerer Lagerflächen zu verlängern, hat keinen Zweck, da der hintere Teil dieser Flächen wegen der Durchbiegung der Träger wenig oder keine Pressung erhält, also nutzlos bleibt. Das nächste Verstärkungsmittel besteht in der Erhöhung der zulässigen Pressung auf die Untermauerung durch Herstellung eines Trägerlagers in Klinkern und Zement, besser in Haufstein. Aber auch dies genügt nur in der Minderzahl der Fälle; meist ist man gezwungen, zwischen Träger und Mauerwerk eine Druckverteilungsplatte aus Gufseisen einzulegen, deren Vorderkante mindestens 3 cm von der Mauerkante abstehen soll, um das höchst gefährliche Verkanten der durchgebogenen Träger und die daraus folgende überwiegende Uebertragung des Lagerdruckes auf die Mauerkante zu verhindern.

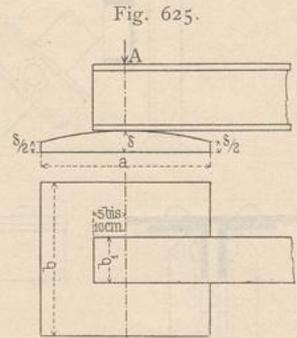
Um den Träger nicht zu lang zu erhalten und die Wand nicht zu sehr zu schwächen, macht man diese Lagerplatten kurz, aber breit. Für möglichst sparsame Ausbildung der Platten an sich ergeben sich die Abmessungen nach folgendem.

β) Der Gitterträger mit steifen Stäben aus L- oder C-Eisen wird bei großen Höhen, wo die Gitterstäbe erheblichen Druckkräften ausgesetzt sind, neuerdings aber überhaupt dem unter α besprochenen vorgezogen; jedoch stellt man auch hier die Stäbe, die nur Zug erhalten können, wohl aus Flacheisen her.

Bei größeren derartigen Trägern genügt für den Anschluß eines Gitterstabes an die Gurtung ein Niet (Fig. 623) nicht mehr,

326.
Druck-
verteilungs-
platten.

Bedeutet A (Fig. 625) den größtmöglichen Lagerdruck (in Kilogr.), σ_1 die zulässige Preßung auf 1 qcm zwischen Lagerplatte und Mauerwerk (in Kilogr.¹⁴⁶), σ_e die zulässige Zugspannung des Stoffes, aus dem die Platte gebildet wird (in Kilogr. für 1 qcm), b_1 die Breite des zu lagernden Trägers (in Centim.), δ die Dicke der gewölbten Platte in der Mitte (in Centim.), a die Länge der Platte in der Trägerrichtung (in Centim.), b die Breite der Platte quer zum Träger (in Centim.); macht man ferner nach Fig. 625 die Randstärke der prismatischen Platte gleich $\frac{\delta}{2}$, um durch die entstehende gewölbte Plattenform den Lagerdruck auch bei Durchbiegung des Trägers fast genau in der Plattenmitte zu halten; so bestimmen sich die Plattenabmessungen nach den Gleichungen



$$b^3 (b - b_1) = 0,66 \left(\frac{A}{\sigma_1} \right)^2; \dots \dots \dots 255.$$

$$a = 1,23 \sqrt{b (b - b_1)}; \dots \dots \dots 256.$$

$$\delta = 0,775 \sqrt{\frac{A}{\sigma_e} \frac{a}{b}} \dots \dots \dots 257.$$

Von diesen Gleichungen ist zuerst 255 nach b durch Versuchen zu lösen, was dadurch erleichtert wird, daß man einen zu kleinen Annäherungswert aus

$$b > 0,9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \dots \dots \dots 258.$$

finden kann. Ist b gefunden, so ergeben sich a und δ nach den Gleichungen 256 u. 257.

Beispiel. A sei gleich 30000 kg, σ_1 (für gutes Backsteinmauerwerk) = 8 kg auf 1 qcm, σ_e (für Gufseifen) = 250 kg auf 1 qcm und $b_1 = 20$ cm. Alsdann ist zunächst nach Gleichung 258

$$b > 0,9 \sqrt{\frac{30000}{8}} > 55,2 \text{ cm};$$

die genaue Lösung für b ergibt sich nach Gleichung 255: $b = 61$ cm. Nach Gleichung 256 ist dann

$$a = 1,23 \sqrt{61 (61 - 20)} = 61,5 \text{ cm}$$

und nach Gleichung 257

$$\delta = 0,775 \sqrt{\frac{30000}{250} \frac{61,5}{61}} = 8,5 \text{ cm}.$$

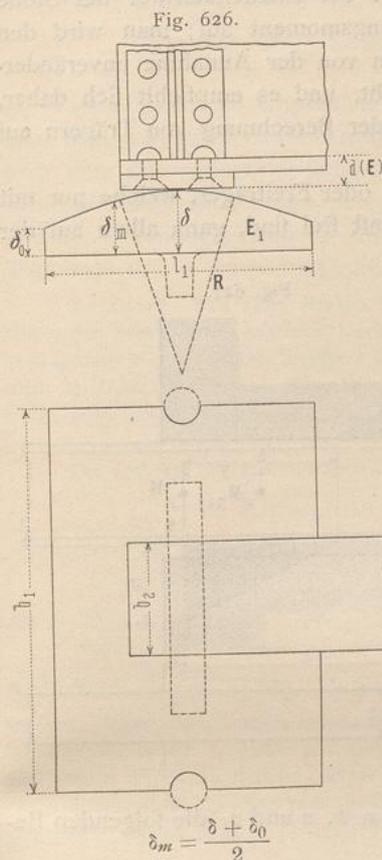
Die Randstärke der Platte ist mit $\frac{\delta}{2} = \frac{8,5}{2} = 4,3$ cm auszuführen.

Ist diese im allgemeinen beste Ausbildung der Platten mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Platz, namentlich in Richtung der Mauerstärke, also der Trägerlänge, nicht durchführbar, so treten die folgenden Regeln ein.

Die Länge l_1 (Fig. 626) verhält sich zur Breite b_1 , wie 1 : 2 bis 3 : 4, oder folgt mit einem feststehenden Werte aus dem in Richtung der Mauerstärke verfügbaren Maße. In der Mitte der Länge macht man die Plattendicke wie bei der oben besprochenen Form größer, als am Vorder- und Hinterrande, um den Auflagerdruck auch bei Durchbiegungen der Träger annähernd in der Plattenmitte zu halten; der Scheitel der so entstehenden Gegenneigungen wird mit dem Halbmesser R abgerundet; die Randstärke beträgt mindestens 1,5 cm. Ist σ_1 die zulässige Preßung für das Mauerwerk, b_2 die Breite des zu unterstützenden Trägers, A der

¹⁴⁶⁾ Vergl. Fußnote 122, S. 229.

größte Auflagerdruck, δ die Plattendicke in der Mitte, δ_m die gemittelte Stärke der Lagerplatte aus Mitte und Rand, b_1 ihre Breite, l_1 ihre Länge, so muß zunächst $\sigma_1 b_1 l_1 = A$ Kilogr. sein; daraus sind b_1 und l_1 zu bestimmen, wenn man ihr Verhältnis oder eine von diesen Größen so annimmt, wie es den Verhältnissen des Falles entspricht; δ und δ_1 ergeben sich aus den Formeln (worin A in Kilogr.)



$$\delta = \left(0,055 \sqrt{A \frac{l_1}{b_1}}\right) \text{ Centim.} \quad . \quad 259.$$

und

$$\delta_m = \left(0,055 \sqrt{A \frac{b_1 - b_2}{l_1}}\right) \text{ Centim.}; \quad 260.$$

aus der angenommenen Randstärke und der gemittelten Plattendicke δ_m folgt ein zweiter Wert für δ ; der größere der beiden Werte δ ist auszuführen.

Die Wölbung gusseiserner Platten kann nach der folgenden Gleichung festgelegt werden.

Ist A der größte Auflagerdruck und b_2 die Breite, mit der der Träger auf der Platte liegt, so berechne man zuerst den Druck $P = \frac{A}{b_2}$ für die Breitereinheit; läßt man dann für Gusseisenplatten eine höchste Pressung von s Kilogr. für 1 qcm im Scheitel der Wölbung zu, ist d die Dicke der auf dem Lager liegenden Platte, also gegebenenfalls die Dicke des Trägerflansches, E die Elastizitätszahl des aufzulagernden Körpers und E_1 diejenige der Gufsplatte; so ist zu machen

$$R = \frac{9 \cdot P^2 \cdot E \cdot E_1}{32 (dE_1 + \delta E) s^3}; \quad . \quad 261.$$

darin kann s für Gusseisen mit 1200 kg für 1 qcm, für Schweisseisen mit 2400 kg für 1 qcm und für Stahl mit 4000 kg für 1 qcm unbedenklich angenommen werden, da es sich nur um eine örtlich sehr beschränkte Spannung handelt.

Das Verlegen der Lagerplatten geschieht bei hohen Pressungen auf Walzblei, gewöhnlich auf Zementmörtel des Mischungsverhältnisses 1 : 2 bis 1 : 3. Um Verschiebungen durch wagrechte Kräfte zu verhindern, gießt man meist Rippen auf die Unterseite der Platte, wie in Fig. 626 angedeutet ist. Die für solche Rippen in die Unterstützung einzuhaudenden Nuten beeinträchtigen aber die Lagerfläche und sind schwer so zu schliessen, daß die Rippen ganz sicher festgelegt werden. Besser ist deshalb das Festschlagen der Platten durch in die Plattenränder eingelassene kreisförmige Dollen, die gleichfalls in Fig. 626 angegeben sind. Im Einzelfalle verwendet man nur eines der beiden Mittel. Bei ausschließlich oder nahezu ausschließlich lotrecht belasteten Platten bleiben Rippen und Dollen am besten beide weg.

Die Einspannung der Träger in den Auflagern, d. h. das Erzwingen unverändert wagrechter Lage der Enden der Mittellinie auch bei Durchbiegungen, bietet bekanntlich ein Mittel, die Träger in den gefährlichen Mittelquerchnitten zu entlasten;

327.
Festlegung
der
Lagerplatten.

328.
Einspannung
der
Träger.

bei Trägern auf zwei oder mehr Stützen ist jedoch diese Endeinspannung nicht zu erreichen, weil die Nachgiebigkeit der Wände, wie diejenige des Trägers groß genug ist, um auch ganz eingemauerten Trägern das geringe Maß von Verdrehung zu gestatten, welches von der Durchbiegung bedingt wird. Selbstverständlich tritt beim eingemauerten Träger stets ein gewisses, von der Elastizitätsziffer der Stoffe der Wand und des Trägers abhängiges Einspannungsmoment auf; man wird den Träger aber stets zu schwach berechnen, wenn man von der Annahme unveränderlicher Lage der Mittellinie in den Auflagern ausgeht, und es empfiehlt sich daher, von der Berücksichtigung der Endeinspannung bei der Berechnung von Trägern auf mehreren Stützen ganz abzusehen¹⁴⁷⁾.

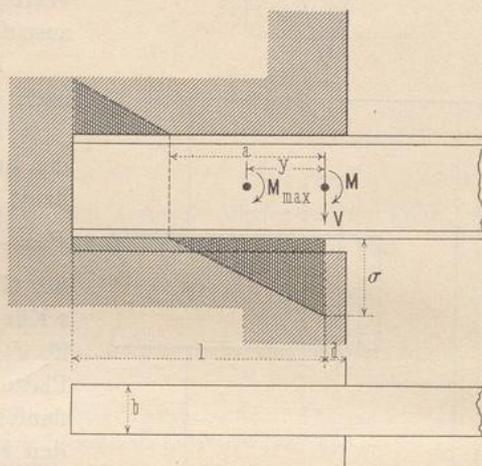
Dagegen beruht die Standfestigkeit der Krag- oder Freitragler, welche nur mit einem Ende in einer starken Mauer eingespannt, sonst frei sind, ganz allein auf der Einspannung, und die Verdrückungen der Lager, welche hier ebenso eintreten, haben dann das Durchhängen des Trägers zur Folge.

329.
Eingemauerte
Kragträger.

Die Einspannung solcher Kragträger kann durch einfaches Einmauern oder durch Einlagern zwischen Druckplatten erfolgen.

Ist die zulässige Belastung des umgebenden Mauerwerkes auf 1 qcm wieder σ_1 , die Länge der Einmauerung l , die Trägerbreite b , die tatsächliche Pressung auf der Lagervorderkante σ , der Abstand des Pressungsnullpunktes von der Lagervorderkante a , das Biegemoment aller äußeren Kräfte in der Lagervorderkante M und die lotrechte Querkraft dafelbst V , so bestehen zwischen l , a , b , σ und σ_1 die folgenden Beziehungen (Fig. 627):

Fig. 627.



Die erforderliche Einmauerungslänge zur Erzielung der zulässigen Kantenpressung σ_1 ist

$$l = \frac{2V + \sqrt{6M\sigma_1 b + 4V^2}}{\sigma_1 b} \dots \dots \dots 262.$$

Die Stelle, wo keine Pressung auftritt, liegt hinter Lagervorderkante um

$$a = l \frac{2Vl + 3M}{3Vl + 6M} \dots \dots \dots 263.$$

Die bei der Einmauerungslänge l zur Erzielung der zulässigen Kantenpressung σ_1 erforderliche Träger- oder Plattenbreite ist

$$b = 2 \frac{2Vl + 3M}{\sigma_1 l^2} \dots \dots \dots 264.$$

Die bei der Einmauerungslänge l und der Druckflächenbreite b entstehende größte Kantenpressung beträgt

$$\sigma = 2 \frac{2Vl + 3M}{bl^2} \dots \dots \dots 265.$$

¹⁴⁷⁾ Vergl. hierüber: BRICK, J. E. Ueber die praktische Unzulässigkeit der Annahme »horizontaler Einspannung« der im Hochbaue verwendeten und an den Auflagern übermauerten Eisentragler. Wochschr. d. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. 1887, S. 161.

Der Punkt, in welchem das größte Biegemoment M_{max} auftritt, liegt hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{Vl^2}{3 \sqrt{l} + 6M}, \dots \dots \dots 266.$$

und dieses größte Moment ist dann

$$M_{max} = M + V \cdot y - \frac{b \sigma_1 y^2}{6} \left(3 - \frac{y}{a} \right). \dots \dots \dots 267.$$

Es ist nicht zu empfehlen, die Lagervorderkante in die Mauerkante zu legen; man bringe vielmehr zwischen Träger und Mauerwerk eine Lage von reinem Zement oder eine gut verlegte Eisenplatte an, welche nicht ganz bis zur Mauerkante reicht, damit die Mauerkante von der größten Pressung befreit und die Möglichkeit einer gewissen Pressungsverteilung im Mauerwerke offen gehalten wird. Das Maß d (Fig. 627) soll je nach Last und Länge des Trägers etwa 4 bis 8 cm betragen.

Beispiel. Vor einer starken Mauer mit 5 m Fensterteilung soll ein auf Kragträgern in den Mitten der Fensterpfeiler ruhender Laufgang angebracht werden, dessen Breite bis Geländermitte von der Einspannungslinie an 150 cm beträgt. Der Fußboden soll in der ganzen Länge in die Wand und auf einen im Geländer über den Kragträgern untergebrachten Längsträger gelagert werden. Der Fußboden wiegt 250 kg für 1 qm und trägt 250 kg für 1 qm; das hölzerne Geländer ist 1,10 m hoch und durchschnittlich 0,15 cm stark.

Die Last auf einem Kragträgerende beträgt alsdann:

$$\begin{aligned} \text{aus Fußboden und Belastung } 5 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{2} (250 + 250) &= 1875 \text{ kg,} \\ \text{aus dem Geländer } 5 \cdot 1,1 \cdot 0,15 \cdot 700 &= 578 \text{ „} \\ \text{zusammen } V &= 2453 \text{ kg;} \end{aligned}$$

also das Moment an der Einspannungsstelle $M = 150 \cdot 2453 = 367950$ cmkg.

Wird in den Trägern 1000 kg Spannung für 1 qcm zugelassen, so ist das erforderliche Widerstandsmoment $\frac{367950}{1000} = 368$. Um an Höhe zu sparen und gleichzeitig eine große Auflagerbreite b zu erhalten, sollen zwei Träger nebeneinander gelegt werden. Obigem Widerstandsmoment würden zwei I-Träger Nr. 19 mit $2 \cdot 187 = 374$ entsprechen; wegen der Vergrößerung des Momentes in der Wand muß jedoch der nächst stärkere Träger Nr. 20 gewählt werden, dessen Breite 9 cm beträgt.

Somit ist $b = 2 \cdot 9 = 18$ cm; das Mauerwerk am Träger wird in Klinkern und Zementmörtel ausgeführt; alsdann ist $\sigma_1 = 14$ kg für 1 qcm, und nach Gleichung 260 wird

$$l = \frac{2 \cdot 2453 + \sqrt{6 \cdot 367950 \cdot 18 \cdot 14 + 4 \cdot 2453^2}}{18 \cdot 14} = 115 \text{ cm.}$$

Wird $d = 6$ cm gemacht, so steckt der Träger hiernach 121 cm in der Wand, und die Geländermitte liegt $15 - 6 = 144$ cm vor der Wand.

Die Stelle des größten Biegemoments liegt nach Gleichung 266 hinter der Lagervorderkante um

$$y = \frac{2453 \cdot 115^2}{3 \cdot 2453 \cdot 115 + 6 \cdot 367950} = 10,6 \text{ cm,}$$

die Stelle des Pressungsnullpunktes nach Gleichung 263 um

$$a = 115 \frac{2 \cdot 2453 \cdot 115 + 3 \cdot 367950}{3 \cdot 2453 \cdot 115 + 6 \cdot 367950} = 62,9 \text{ cm,}$$

und das größte Moment beträgt nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367950 + 2453 \cdot 10,6 - \frac{18 \cdot 14 \cdot 10,6^2}{6} \left(3 - \frac{10,6}{62,9} \right) = 380650 \text{ cmkg.}$$

Die Spannung in zwei I-Eisen Nr. 20 ist somit $\frac{380650}{2 \cdot 216} = 882$ kg für 1 qcm. Wären die beiden I-Träger Nr. 19 beibehalten, so wäre $b = 2 \cdot 8,6 = 17,2$, also nach Gleichung 262

$$l = \frac{2 \cdot 2453 + \sqrt{6 \cdot 367950 \cdot 14 \cdot 17,2 + 4 \cdot 2453^2}}{14 \cdot 17,2} = 118,6 \text{ cm;}$$

nach Gleichung 266

$$y = \frac{2453 \cdot 118,5^2}{3 \cdot 2453 \cdot 118,5 + 6 \cdot 367950} = 11,2 \text{ cm};$$

ferner nach Gleichung 263:

$$a = 118,5 \frac{2 \cdot 2453 \cdot 118,5 + 3 \cdot 367950}{3 \cdot 2453 \cdot 118,5 + 6 \cdot 367950} = 65 \text{ cm},$$

und nach Gleichung 267

$$M_{max} = 367950 + 2453 \cdot 11,2 - \frac{17,2 \cdot 14 \cdot 11,2^2}{6} \left(3 - \frac{11,2}{65}\right) = 381150 \text{ cmkg}.$$

Die Spannung in zwei I-Trägern Nr. 19 wäre also $\frac{381150}{2 \cdot 187} = 1019 \text{ kg}$ für 1 qcm, die auch gegenüber der Festsetzung von 1000 kg für 1 qcm noch als zulässig zu betrachten ist. Die beiden Trägerstücke sind somit aus I-Eisen Nr. 19, und zwar je $118,5 + 150 + \frac{15}{2} = 276 \text{ cm}$ lang, zu schneiden.

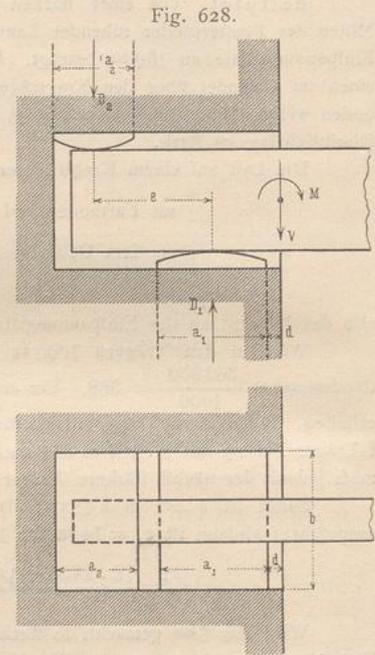
Dieses Beispiel eines allerdings schwer belasteten Freitragers zeigt, daß die Einmauerung nicht selten eine unbequeme Tiefe erreicht, welche nur in aufsergewöhnlich starken Mauern Platz findet.

330.
Einspannung
des
Kragträgers
zwischen
Druckplatten.

Ein Mittel, den Trägereingriff in die Wand kürzer und zugleich die Verteilung der Kräfte auf das Mauerwerk besser zu machen, bietet die Einspannung des Kragträgers zwischen Druckplatten, da man hier durch Wahl einer großen Breite b der Platten das Maß e und die Plattenlängen a_1 und a_2 (Fig. 628) gering halten kann. b ist für beide Platten gleich zu machen, da die Wandnische jedenfalls rechteckig gebildet wird, und b ist so anzunehmen, daß es sich dem Mauerverbande bequem einfügt; auch e ist den Verhältnissen, namentlich der Mauerstärke, entsprechend zu wählen. Die erste Annahme über b und e ist durch eine zweite zu ersetzen, wenn die Rechnung die erste als unzweckmäßig erweisen sollte.

In die Mauer können unter und über den Druckplatten Auflagerquader eingesetzt werden.

Mit Rücksicht auf die Bezeichnungen in Fig. 628 sind, bei der zulässigen Pressung σ_1 zwischen Platten und Mauerwerk,



$$a_2 = \frac{V \left(d + \frac{V}{2b\sigma_1} \right) + M}{be\sigma_1 - \frac{V}{2}} \quad \text{und} \quad a_1 = a_2 + \frac{V}{b\sigma_1}; \quad \dots \quad 268.$$

$$D_2 = ba_2\sigma_1 \quad \text{und} \quad D_1 = ba_1\sigma_1 \quad \dots \quad 269.$$

Das größte Moment, für welches der Träger einzurichten ist, beträgt

$$M_{max} = D_2 e \quad \dots \quad 270.$$

Die Druckplatten selbst sind nach Ermittlung von D_1 und D_2 aus Gußeisen genau nach den Regeln zu bilden, welche in Art. 326 (S. 261) zu Fig. 625 u. 626 gegeben wurden.

Beispiel. Wird für den Fall, welcher im letzten Beispiele behandelt wurde, bestimmt, daß b der Breite von $1\frac{1}{2}$ Stein = 38 cm entsprechen und $e = 30 \text{ cm}$ sein soll, daß ferner das Mauerwerk an den

Druckplatten in Klinkern und Zementmörtel mit $\sigma_1 = 14 \text{ kg}$ für 1 qcm ausgeführt wird, so mache man nach Gleichung 268

$$a_2 = \frac{2453 \left(6 + \frac{2453}{2 \cdot 38 \cdot 14} \right) + 367950}{38 \cdot 30 \cdot 14 - \frac{2453}{2}} = 26,4 \text{ cm},$$

$$a_1 = 26,4 + \frac{2453}{38 \cdot 14} = 31,0 \text{ cm}.$$

Die ganze Tiefe der Trägernische wird dann $6 + \frac{31}{2} + 30 + \frac{26,4}{2} = 64,7 \text{ cm}$ gegen $118,5 \text{ cm}$ im vorigen Falle. Nach Gleichung 269 ist $D_2 = 26,4 \cdot 38 \cdot 14 = 14044 \text{ kg}$ und $D_1 = 31 \cdot 38 \cdot 14 = 16492 \text{ kg}$. Auf diese Drücke sind die beiden Druckplattendicken nach Gleichung 255 bis 261 (S. 262 und 263) einzurichten. Das größte im Träger vorkommende Biegemoment ist nach Gleichung 270: $D_2 e = 14044 \cdot 30 = 421320 \text{ cmkg}$. Bei 1000 kg Beanspruchung für 1 qcm ist also ein I-Träger Nr. 26, oder es sind zwei Nr. 20 erforderlich. Die Druckverteilung ist nun zwar eine sehr sichere und gute; das größte Moment ist aber durch die Verlegung des ersten Stützpunktes weit in die Mauer hinein wesentlich vergrößert.

Beim Aufstellen des Trägers wird die Platte auf kleinen Eisenkeilen mindestens $1,5 \text{ cm}$ hohl gelegt und sorgfältig mit Zement vergossen, so daß sie voll aufruhrt. Nur oben liegende Druckplatten, wie in Fig. 608, werden ohne weiteres in Zementmörtel fatt übermauert. Die Druckplatte greift bei schweren Trägern mit einem Anfätze in ein in das Mauerwerk gestemmes Loch, welches sich beim Vergießen nach Art. 327 (S. 263) nur schwer füllt. (Vergl. auch das Trägerlager in Fig. 640, S. 275.) Namentlich bei Verwendung von Lagerquadern bildet das Einlegen dünner Walzbleiplatten ein gutes Mittel zur Erzielung gleichmäßiger Druckverteilung.

Ganz kleine Träger legt man ohne weiteres auf diese Platten. Bei größeren wird, wenn sie nicht zur Verankerung der Außenwände des Gebäudes dienen sollen, das eine Lager dadurch festgemacht, daß man durch die untere Gurtung in die Lagerplatte bohrt und in das Loch einen Eisenstift schlägt; das andere Lager bleibt frei beweglich.

Eiserne Träger zur Verankerung der Gebäudemauern zu benutzen, ist nicht ratsam, da die starken Längenänderungen bei Wärmeschwankungen das Mauerwerk hin und her rütteln.

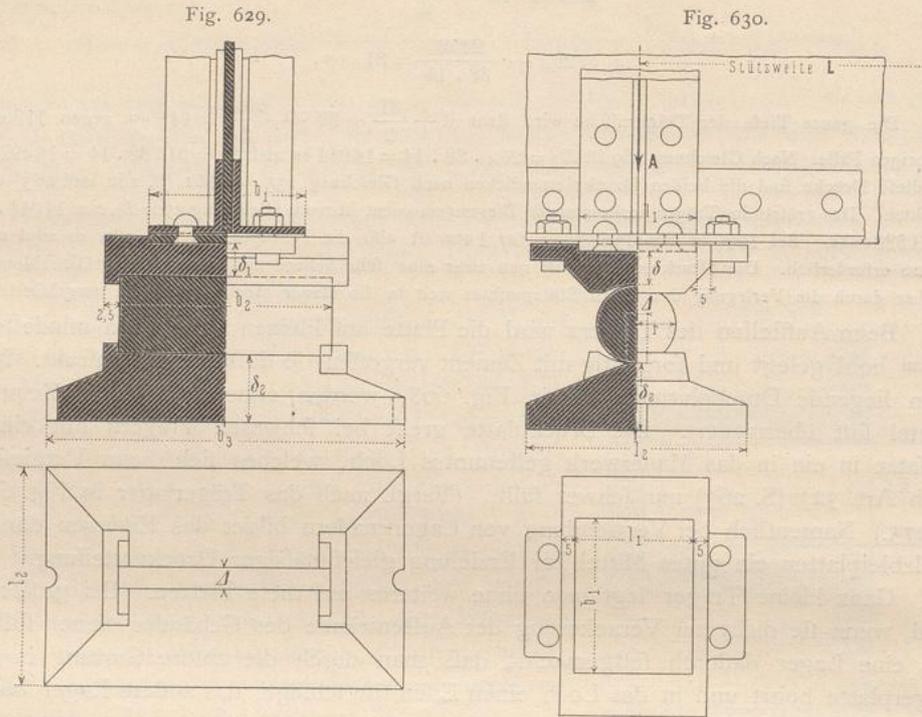
Alle Lager, bei denen der Träger ohne weiteres auf der Platte ruht, haben den Nachteil, daß sich die volle Reibung solcher Lager, welche in günstigen Fällen das 0,2fache der Lagerbelastung, meist noch mehr beträgt, als wagrechte, umstürzende Kraft auf die Mauern überträgt. Da nun aber die Wände sehr oft für die Aufnahme erheblicher wagrechter Kräfte zu schwach sind, so kommt es bei schwer belasteten Trägern oft darauf an, die Reibung der Lager zu vermindern, damit kleinere wagrechte Kräfte entstehen. Das beste Mittel zur Erreichung dieser Reibungsverminderung besteht in der Verwandlung der gleitenden in rollende Reibung mittels Einlegens einer möglichst langen Rolle zwischen Träger und Lagerplatte.

Die Konstruktion eines solchen Lagers ist in Fig. 629 u. 630 dargestellt; die einzelnen Maße werden in folgender Weise bestimmt. Aus den Verhältnissen des zu lagernden Trägers folgen zunächst die Abmessungen l_1 und b_1 der unter den Träger zu nietenden Lagerplatte. l_1 ist so klein zu wählen, wie es das Unterbringen genügender Nieten in den Teilen des Trägers nur irgend zuläßt; b_1 soll dagegen so groß wie möglich gemacht werden; doch ist zu betonen, daß erhebliche Verbreiterung der Lagerplatte über die Breite der Trägerteile hinaus nicht viel Zweck hat, da sich die zu weit vorstehenden Ränder der dünnen Platte aufbiegen, also nicht mehr zur

331.
Lagerung.

332.
Rollenlager.

Druckverteilung beitragen. Zweck der Wahl eines möglichst großen b_1 ist die Erzielung einer großen Rollenlänge b_2 . Die untergenietete Lagerplatte wird 12 bis 15 mm dick gemacht. Besonders groß wird b_1 bei zweiteiligen Gurtungen, z. B. bei Fig. 605 (S. 253),



Die Lagerplatte legt sich in eine passende Vertiefung der Rollendeckplatte, deren vorstehende Ränder so niedrig zu halten sind, daß sie 2 bis 3 mm Spiel gegen die Trägerunterfläche behalten, damit sie keinesfalls Druck aufnehmen können.

Nach Festlegen dieser Maße folgt dasjenige der Rollenlänge b_2 nach

$$b_2 = \frac{b_1 - 5}{2} + \sqrt{\left(\frac{b_1 + 5}{2}\right)^2 + l_1(l_1 + 10)}. \quad \dots \quad 271.$$

Wird nun noch die in den Platten zulässige Biegungsspannung mit s_g bezeichnet, so ist weiter

$$\delta_1 = 0,865 \sqrt{\frac{A l_1}{s_g (b_2 + 5)}}. \quad \dots \quad 272.$$

Hierauf erfolgt die Feststellung der Abmessungen der Rollengrundplatte für b_3 nach

$$b_3^3 (b_3 - b_2) = 0,66 \frac{A^2}{\sigma_1^2}, \quad \dots \quad 273.$$

für deren Lösung ein vorläufiger Näherungswert aus

$$b_3 > 0,9 \sqrt{\frac{A}{\sigma_1}} \quad \dots \quad 274.$$

zu entnehmen ist, und für l_2 nach

$$l_2 = \frac{A}{\sigma_1 b_3}; \quad \dots \quad 275.$$

weiter ist

$$\delta_2 = 0,866 \sqrt{\frac{A l_2}{s_g b_3}} \dots \dots \dots 276.$$

In den letzten Gleichungen bezeichnet σ_1 die zulässige Pressung auf die Unterstützung der Rollengrundplatte; die entsprechenden Werte sind in Fußnote 122 (S. 229) angegeben. Wird nun noch die zulässige Pressung zwischen der Rolle und den Platten mit s_1 , die Elastizitätszahl des Stoffes der Platten mit E und diejenige des Stoffes der Rolle mit E_1 bezeichnet, so ist der Rollendurchmesser r zu bestimmen nach

$$r = \sqrt{\left(\frac{\delta_1 E_1}{4 E}\right)^2 + \frac{9 A^2 E_1}{64 b_2^2 s_1^3} - \frac{\delta_1 E_1}{4 E}} \quad \dots \dots \dots 277.$$

und $r = \sqrt{\left(\frac{\delta_2 E_1}{4 E}\right)^2 + \frac{9 A^2 E_1}{64 b_2^2 s_1^3} - \frac{\delta_2 E_1}{4 E}}$

und zwar ist der größere dieser beiden Werte auszuführen.

Die wagrechte Rollenbahn, welche beiderseits durch cylindrische Anschläge des Halbmessers r begrenzt wird, erhält die Breite

$$\Delta = 0,000185 t \cdot L, \dots \dots \dots 278.$$

welche also nach der Stützweite L und der größten zu berücksichtigenden Wärmeschwankung t bemessen wird.

Für gewöhnliche Fälle haben die in den Gleichungen vorkommenden Größen die folgenden Werte:

bezüglich σ_1 vergl. Art. 299 und Fußnote 122 (S. 229);

s_g	für Gußeisen	250 kg für 1 qcm,	für Stahlguss	1200 kg für 1 qcm;
s_1	»	1500 kg » 1 qcm,	» Stahl	4000 kg » 1 qcm;
E und E_1	»	1000000 kg » 1 qcm,	»	2100000 kg » 1 qcm;

$t = 40$ bis 60 Grad C.

Beispiel. Für einen Träger von $L = 12$ m Stützweite ist ein Lager zu entwerfen, das im Stande ist, den Lagerdruck $A = 20 t$ auf gewöhnliches Mauerwerk ($\sigma_1 = 8$ kg für 1 qcm) zu verteilen. Die Gurtungsbreite b_1 betrage 17 cm, und die Länge der Lagerplatte l_1 wird mit Rücksicht auf die Nietung auf 12 cm Länge bemessen. Die Platten bestehen aus Gußeisen; also ist $s_g = 250$ kg für 1 qcm; die Rolle ist aus Rundstahl; s_1 ist nach dem schwächeren der beiden Stoffe mit 1200 kg für 1 qcm anzunehmen. Der vorzusehende Wärmewechsel beträgt 60 Grad.

Nach Gleichung 271 ist

$$b_2 = \frac{17 - 5}{2} + \sqrt{\left(\frac{17 + 5}{2}\right)^2 + 12(12 + 10)} = 25,6 \text{ cm},$$

nach Gleichung 272:

$$\delta_1 = 0,866 \sqrt{\frac{20000 \cdot 12}{250(25,6 + 5)}} = 4,8 \text{ cm}.$$

Die Näherungslösung für Gleichung 273 aus Gleichung 274 ist

$$b_3 > 0,9 \sqrt{\frac{20000}{8}} = 45 \text{ cm};$$

durch Ver suchen ergibt sich die richtige Lösung mit $b_3 = 53,2$ cm nach Gleichung 273, und l_2 wird dann nach Gleichung 275 gleich $\frac{20000}{8 \cdot 53,2} = 47$ cm; danach die Dicke nach Gleichung 276

$$\delta_2 = 0,866 \sqrt{\frac{20000 \cdot 47}{250 \cdot 53,2}} = 7,3 \text{ cm}.$$

Aus Gleichung 277 folgt

$$r = \sqrt{\left(\frac{4,8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25,6^2 \cdot 1200^3} - \frac{4,8 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}} = \approx 8 \text{ cm}$$

und

$$r = \sqrt{\left(\frac{7,3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}\right)^2 + \frac{9 \cdot 20000^2 \cdot 2100000}{64 \cdot 25,6^2 \cdot 1200^3} - \frac{7,3 \cdot 2100000}{4 \cdot 1000000}} = 7,1 \text{ cm};$$

also ist der erstere Wert $r = 8,0 \text{ cm}$ auszuführen. Die Breite der Rollenbahn beträgt für $L = 12 \text{ m}$ nach Gleichung 278:

$$\Delta = 0,000185 \cdot 60 \cdot 1200 = 1,33 \text{ cm}.$$

Zur Erzielung kleinerer Rollenhalbmesser empfiehlt sich die Verwendung von Gußstahl statt Gußeisen für die beiden die Rolle einschließenden Platten.

d) Beispiele.

Die Anwendung der im vorstehenden für Träger entwickelten Grundätze und aufgestellten Gleichungen soll nachstehend durch zwei Beispiele erläutert werden.

Beispiel 1. Vor einem öffentlichen Gebäude soll der Bürgersteig so überdacht werden, daß die vor dem Bordsteine haltenden Wagen im Schutze gegen den Regen erreicht werden können. Die allgemeine Anordnung zeigt Fig. 631; die Säulen stehen je vor der zweiten Gebäudeachse in Teilungen von $9,0 \text{ m}$; zwischen je 2 Säulen kommen in die Drittelteilpunkte 2 Pfettenträger aus geknickten I-Eisen zu liegen, welche gegen die Säulen durch thunlichst leichte Gitterträger abzufangen sind. Gleiche Pfettenträger liegen gerade über den Säulen (Fig. 632).

Die Eindeckung mit Glas wiegt für 1 qm Grundfläche 50 kg ; die Eisenteile wiegen 20 kg ; Schnee lastet auf 1 qm Grundfläche mit 75 kg , und der lotrechte Winddruck beträgt 55 kg ; die Lastsumme für 1 qm ist hiernach 200 kg .

α) Berechnung des Pfettenträgers. Ein solcher unterstützt $3,00 \text{ m}$ Länge des Daches. Somit ist (Fig. 631)

$$P_2 = 3 \cdot 1,8 \cdot 200 = 1080 \text{ kg}$$

für volle Last, und das größte Moment über dem Längsträger $1080 \cdot \frac{180}{2} = 97200 \text{ cmkg}$.

Das größte Moment zwischen Wand und Träger tritt ein, wenn der überkragende Teil unbelastet ist. Alsdann ist

$$P_2 = 3 \cdot 1,8 (50 + 20) = 378 \text{ kg},$$

und

$$P_1 = 4,7 \cdot 3 \cdot 200 = 2820 \text{ kg};$$

folglich der Auflagerdruck $B = \frac{2820 \cdot 470}{2 \cdot 470} - \frac{378 \cdot 180}{2 \cdot 470} = 1338 \text{ kg}$. Im Abstände x von der Wand ist das Moment

$$M_x = 1338x - \frac{3 \cdot 0,01 \cdot 200 x^2}{2};$$

die Abscisse des größten Momentes folgt also aus

$$0 = 1338 - 3 \cdot 0,01 \cdot 200 x \text{ mit } x = 223 \text{ cm},$$

und das größte Moment ist

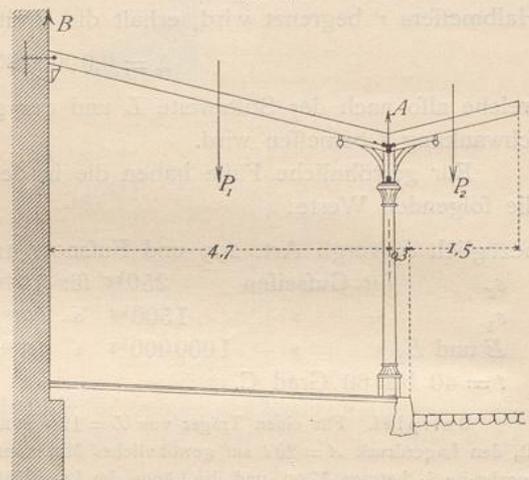
$$M_{max} = 1338 \cdot 223 - \frac{3 \cdot 0,01 \cdot 200 \cdot 223^2}{2} = 149187 \text{ cmkg}.$$

Nach letzterem Moment ist der Pfettenträger zu bemessen; seine zu große Stärke über dem Längsträger ist erwünscht, weil er hier durch das Biegen geschwächt wird. Bei 1000 kg Spannung für 1 qcm muß das Widerstandsmoment $\frac{149187}{1000} = \infty 150 \text{ fein}$; somit ist das Normal-I-Eisen Nr. 18 zu wählen.

β) Berechnung des Gitterträgers. Die Last, welche von einem Pfettenträger übertragen wird, ist bei ganz voller Belastung nach Fig. 631

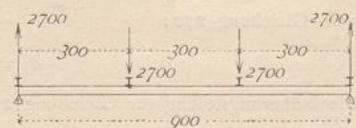
$$A = \frac{3 \cdot 1,8 \cdot 200 \left(470 + \frac{180}{2}\right) + 3 \cdot 4,7 \cdot 200 \cdot \frac{470}{2}}{470} = 2700 \text{ kg}.$$

Fig. 631.



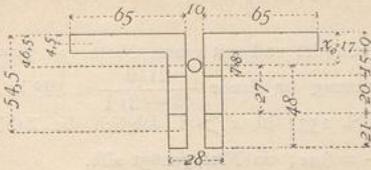
1/100 w. Gr.

Fig. 632.



333.
Vordach
mit Gitter-
trägern.

Fig. 633.



Aus dem in Fig. 632 dargestellten Lastzustande ergibt sich ein zwischen den beiden mittleren Pfettenträgern unveränderliches größtes Biegemoment von $2700 \cdot 300 = 810000 \text{ cmkg}$. Aeusserer Verhältnisse halber mag die Trägerhöhe auf ungefähr 50 cm festgesetzt werden; die Schwerpunkte der aus je 2 Winkel-eisen zu bildenden Gurtungen werden dann rund 44 cm voneinander liegen, und bei 1000 kg Beanspruchung ist nach Gleichung 254 (S. 258) der Gurtungsquerschnitt

$$f = \frac{M}{s \cdot h} = \frac{810000}{1000 \cdot 44} = \infty 18 \text{ qcm.}$$

Für jedes der zwei Winkel-eisen kommen bei 2 cm Nietdurchmesser und rund 1 cm Schenkeldicke 2 qcm in Abzug (Fig. 633); jeder Winkel mufs also $\frac{18}{2} + 2 = 11 \text{ qcm}$ Nettoquerschnitt haben, und daher wird das Winkel-eisen $6,5 \times 6,5 \times 0,9$ mit $f = 10,89 \text{ qcm}$ gewählt.

Die Niete in diesem Winkel-eisen sind behufs freier Ausbildung der Köpfe nach Fig. 633 anzuordnen; demnach ergibt sich der Abstand des Gurtungschwerpunktes von der Aufsenkante nach Fig. 633 mit

$$x_0 = \frac{2 \cdot 65 \cdot 9 \cdot 4,5 + 2 \cdot 15 \cdot 9 \cdot 16,5 + 2 \cdot 21 \cdot 9 \cdot 54,5}{2 \cdot 65 \cdot 9 + 2 \cdot 15 \cdot 9 + 2 \cdot 21 \cdot 9} = 16,6 = \infty 17 \text{ mm.}$$

Die Trägerhöhe mufs also genauer auf $44 + 2 \cdot 1,7 = 47,4 \text{ cm}$ oder rund 48 cm bemessen werden.

γ) Unterfuchung der oberen Gurtung auf Zerknicken. Die auf die Gurtung wirkende Druckkraft D folgt aus der Division des Schwerpunktabstandes $48 - 2 \cdot 1,7 = 44,6 \text{ cm}$ in das Moment mit $D = \frac{810000}{44,6} = 18164 \text{ kg}$.

Zu unterfuchen ist:

a) Ob die Gurtung für ihre lotrechte Mittelachse zwischen zwei der I-Sparren steif genug ist? Nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206 ergibt sich

$$\mathcal{I} = 2f \cdot 0,0946 \cdot 6,5^2 + 2f \cdot (0,5 + 0,287 \cdot 6,5)^2$$

und für $f = 10,89 \text{ qcm}$

$$\mathcal{I} = 209 \text{ (auf Centim. bezogen).}$$

Wird an den Enden Einspannung angenommen (Fall IV, S. 200; $C = 40$) und 5fache Sicherheit verlangt, so ist bei 300 cm Länge die zulässige Zerknickungslast nach Gleichung 187 (S. 205)

$$P = \frac{40 \cdot 2000000 \cdot 209}{5 \cdot 300^2} = 37155 \text{ kg,}$$

also doppelt so grofs wie nötig.

b) Wie viele Gitterknoten zwischen zwei Sparren liegen müssen, damit die Gurtung nicht lotrecht einknickt?

Nach Nr. 8 der Zusammenstellung auf S. 206 ist

$$\mathcal{I}_{\min} = 2 \cdot 10,89 \cdot 6,5^2 \cdot 0,0946 = 87;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{1 \cdot 2000000 \cdot 87}} = 2,18 = \infty 3.$$

Hiernach brauchen also nur zwei Gitterknoten oder drei Felder zwischen zwei Sparren zu liegen.

c) Wie viele Gitterknoten zwischen zwei Sparren liegen müssen, damit das einzelne Winkel-eisen nicht unter der halben Last zerknickt?

Nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206 ist

$$i = 10,89 \cdot 6,5^2 \cdot 0,0381 = 17,5;$$

daher nach Gleichung 194 (S. 213)

$$N = \frac{300}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 18164}{2 \cdot 2000000 \cdot 17,5}} = 3,14 = \infty 4.$$

Hiernach müfste der Gitterträger zwischen zwei Sparren je vier Felder erhalten; damit die Gitterstäbe nicht zu flach zu liegen kommen, sind in Fig. 634 deren sechs angeordnet.

δ) Berechnung der Gitterstäbe. Im Gitterträger ist die größte Querkraft in den beiden Endfeldern gleich 2700 kg und im Mittelfelde gleich Null; sie verteilt sich auf je 2 Gitterstäbe, von denen die vom Auflager nach der Mitte steigenden gedrückt, die anderen gezogen werden. Die theoretische Länge

des Stabes ist gleich $\sqrt{41,6^2 + 50^2} = \approx 65,1$ cm. Für einen Gitterstab folgt die Spannung P demnach aus der Proportion $P: \frac{2700}{2} = 65,1 : 41,6$ mit $P = 2110$ kg.

Werden die gezogenen Stäbe aus Bandeifen von 6×1 cm gebildet und mit einem Niete von 2 cm Durchmesser im Schlitz der Gurtungen befestigt, so ist die Spannung im Bande $\frac{2110}{(6-2)1} = 528$ kg. Die Anschlusniete sind zweifach, und nach Gleichung 115 (S. 153) ist $d > \delta$, folglich die Zahl der Anschlusniete (bei $s'' = 1100$ kg für 1 qcm) $n = \frac{2110}{2 \cdot 1 \cdot 1100} = 0,96$; ein Niet genügt also.

Die gedrückten Stäbe sollen aus zwei derartigen Bandeifen hergestellt werden, welche feitlich an den Winkleisen der Gurtungen mit denselben Nietten wie die gezogenen Stäbe zu befestigen sind. Eine Ueberbeanspruchung der so verlängerten Niete entsteht nicht, weil man die äußeren Schaftteile als be-

Fig. 634.

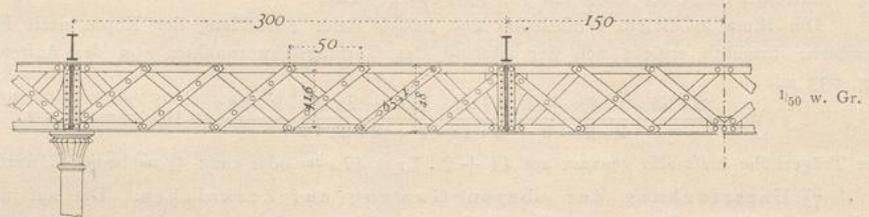


Fig. 636.

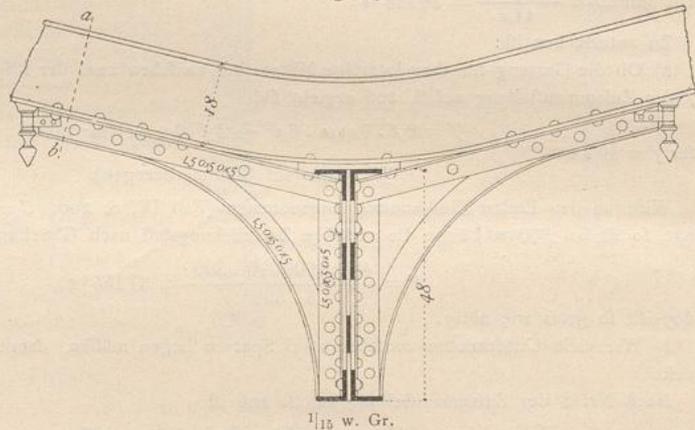
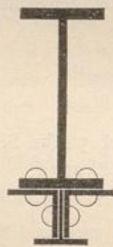


Fig. 635.



Schnitt *a b*
in Fig. 636.
1,15 w. Gr.

sondere Niete auffassen kann und die größte Beanspruchung aus den gezogenen Stäben in der Lochwandung des Bandes, nicht in der Gurtung liegt. Diese doppelten Druckstäbe sind auf Zerknicken für die freie Länge von 65,1 cm zu berechnen; sie werden durch Stehniete abgesteift.

Nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 müsste der Abstand der Bandmitten voneinander $6 \cdot 0,577 = 3,46$ cm betragen, wenn die beiden Hauptträgheitsmomente gleich werden sollten; tatsächlich beträgt $b = 1 + 2 \cdot 0,9 + 2 \cdot 0,5 = 3,8$ cm; somit ist das Trägheitsmoment der Achse I als das kleinere in Rechnung zu stellen. Nach Gleichung 189 und Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206 ist die zulässige Zerknickungslast des ganzen Stabes

$$P = \frac{10 \cdot 2000000 \cdot 0,0833 \cdot 2 \cdot 6 \cdot 6^2}{5 \cdot 65,1^2} = 34000 \text{ kg}$$

bei ($m =$) 5facher Sicherheit und Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205; $C = 10$). Die ganzen Stäbe sind also viel zu stark.

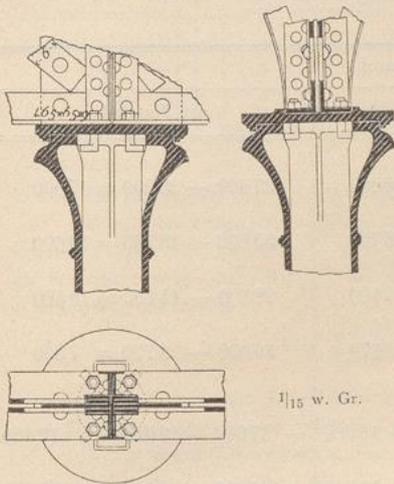
Für die einzelne Hälfte ist $i = \frac{6 \cdot 1^3}{12} = 0,5$ und $n = 2$; also nach Gleichung 194

$$N = \frac{65,1}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 2110}{2 \cdot 2000000 \cdot 0,5}} = 1,504 = \approx 3,$$

Somit müßten¹⁴⁸⁾ 3 Stehniete in die ungeraden Sechstel der Länge gefetzt werden; da aber jedenfalls ein solcher in die Ueberkreuzung der Stäbe kommt, so sind noch zwei in die Mitten der Hälften jedes Stabes nach Fig. 634 zu fetzen. Im Mittelfelde, wo Querkraft in geringem Mafse nur bei schiefer Last auftritt, können diese Niete fehlen.

Unter den Sparren und über den Säulen erhält der Träger (Fig. 634) jedesmal zur Verteilung der Last nach oben und unten eine kräftige lotrechte Steife aus Blechwand und 4 Winkeleisen von $50 \times 50 \times 5$ cm. Ueber den Säulen sind die Träger voneinander getrennt; die einzige Verbindung besteht in der Vernietung oder Verschraubung der abstehenden Schenkel der zur Absteifung dienenden Winkeleisen, und diese ist nachgiebig genug, um die höchstens 3 mm betragende Längenänderung unter Wärmefchwankungen zuzulassen. In den Knotenpunkten unter dem Sparren schliesen die doppelten Stäbe an die Knotenbleche an, müßen also von 3,5 cm auf 1 cm Zwischenraum zusammengezogen werden.

Fig. 637.



1/15 w. Gr.

Uebrigens ist in Fig. 634 und in Fig. 635 bis 637 dargestellt, wie die Sparren durch Kragstücke gegen den Gitterträger abgesteift werden, und wie letzterer auf den Säulen zu lagern und zu befestigen ist.

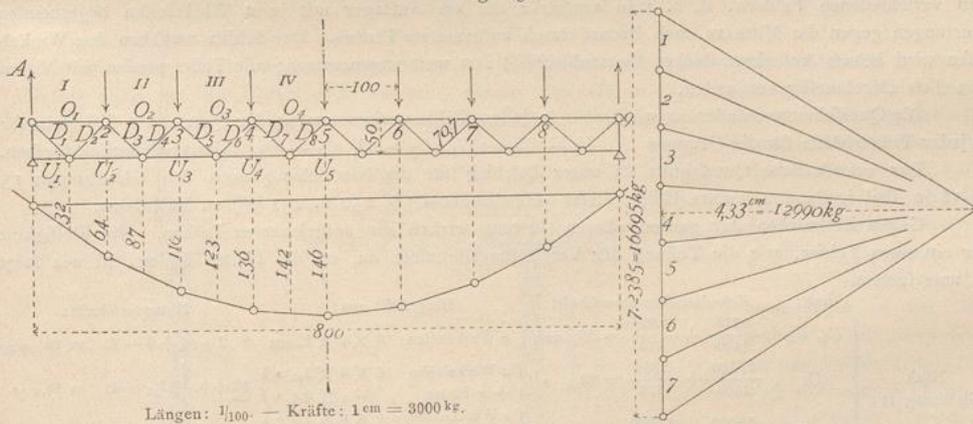
Beispiel 2. Im oberen Geschoße eines langgestreckten Gebäudes soll ein Tanzsaal eingerichtet werden. Die Tiefe beträgt nahezu 8 m, so daß der Tiefe nach keine Balken gelegt werden können; sie sollen vielmehr in 1,00 m Teilung der Länge nach liegen und in der 4,50 m betragenden Achsfenteilung des Gebäudes durch eiserne Netzwerkträger unterfützt werden.

Das Quadr.-Meter der Decke mit halbem Windelboden wiegt 280 kg und wird mit 250 kg belastet. Das lauf. Centimeter eines Balkens trägt sonach $1 \cdot 0,01 (280 + 250) = 5,3$ kg; das größte Moment zwischen zwei Unterzügen ist

$$\frac{5,3 \cdot 450^2}{8} = \frac{80 b h^2}{6};$$

folglich muß die Balkenhöhe bei 80 kg Spannung und einer Balkenbreite $b = 18$ cm $h = 23,5$ cm sein.

Fig. 638.



Längen: 1/100. — Kräfte: 1 cm = 3000 kg.

Die ganze Belastung auf einem Knotenpunkte des Unterzuges beträgt:

an Eigengewicht	$1 \cdot 4,5 \cdot 280 = 1260$ kg,
„ Nutzlast	$1 \cdot 4,5 \cdot 250 = 1125$ „
	zusammen 2385 kg.

¹⁴⁸⁾ Nach Gleichung 110, S. 299 (2. Aufl.: Art. 120, S. 101; 3. Aufl.: Art. 136, S. 126) und Fig. 129 (2. Aufl.: Fig. 123; 3. Aufl.: Fig. 144) ebendaf.

334.
Netzwerk-
träger
als
Unterzug.

α) Gurtungen. Die Momente, welche für volle Belaftung am größten werden, sind in Fig. 638¹⁴⁹⁾ ermittelt. Es wird angenommen, daß die Gurtungsschwerlinie in der Nietteilungslinie liegt; da sie tatsächlich etwas auferhalb liegen wird, so liefert die Rechnung etwas zu sichere Ergebnisse. Die Nietteilungslinien werden um die theoretische Trägerhöhe gleich 50 cm voneinander entfernt gelegt, so daß die beiden Stäbe jedes Feldes unter 45 Grad zu stehen kommen.

Die vom Eigengewichte herrührenden Spannkkräfte verhalten sich zu den Gesamtspannkkräften wie $\frac{280}{530}$. Die Spannkkräfte in den Gurtungen erhält man durch Division des Moments durch die Trägerhöhe; hiernach ergeben sich die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Stabspannungen in der unteren, bezw. oberen Gurtung.

		Spannkkräfte durch		
		die Gesamtbelaftung	das Eigengewicht	die Nutzlast
Untere Gurtung	$U_5 =$	$+\frac{12990 \cdot 146}{50} = + 37900$	$37900 \frac{280}{530} = 20000$	$37900 - 20000 = 17900$
	$U_4 =$	$+\frac{12990 \cdot 136}{50} = + 35300$	$35300 \frac{280}{530} = 18700$	$35300 - 18700 = 16600$
	$U_3 =$	$+\frac{12990 \cdot 110}{50} = + 28600$	$28600 \frac{280}{530} = 15100$	$28600 - 15100 = 13500$
	$U_2 =$	$+\frac{12990 \cdot 64}{50} = + 16600$	$16600 \frac{280}{530} = 8770$	$16600 - 8770 = 7830$
	$U_1 =$	0		
Obere Gurtung	$O_4 =$	$-\frac{12990 \cdot 142}{50} = - 37000$	$- 37000 \frac{280}{530} = - 19600$	$-(37000 - 19600) = - 17400$
	$O_3 =$	$-\frac{12990 \cdot 123}{50} = - 32000$	$- 32000 \frac{280}{530} = - 16900$	$-(32000 - 16900) = - 15100$
	$O_2 =$	$-\frac{12990 \cdot 87}{50} = - 22700$	$- 22700 \frac{280}{530} = - 12000$	$-(22700 - 12000) = - 10700$
	$O_1 =$	$-\frac{12990 \cdot 32}{50} = - 8300$	$- 8300 \frac{280}{530} = - 4300$	$-(8300 - 4300) = - 4000$

Bei diesen stark verschiedenen Spannungen empfiehlt sich eine Veränderung des Querschnittes in den verschiedenen Feldern, d. h. man verstärke die am Auflager mit je 2 Winkelleifen beginnenden Gurtungen gegen die Mitte zu nach Bedarf durch aufgenietete Platten. Der Schlitz zwischen den Winkelleifen wird behufs Aufnahme starker Knotenbleche 1,5 cm weit angenommen; alle Teile werden mit Nietten von 2 cm Durchmesser verbunden.

Die Querschnittsveränderung wird nicht in jedem Felde vorgenommen; der Querschnitt soll vielmehr in jeder Trägerhälfte für die Gruppen $U_1, U_2 - U_3 - U_4, U_5 - O_1, O_2 - O_3, O_4$ unveränderlich bleiben.

Der erforderliche Querschnitt ist unter Zuschlag für die Nietlochung nach den Gleichungen 15 u. 18 in Teil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« (S. 250 u. 251¹⁵⁰⁾ zu berechnen.

Gegen Zerknicken der ganzen oberen Gurtung wirken die aufgelagerten Balken. Die Steifigkeit der einzelnen Felder, wie die Teilung der Verbindungsstehtiete da, wo die Platten fehlen, ist wie folgt zu untersuchen.

	Stab:	Erforderlicher Querschnitt:	Hergestellt aus:	Nutzquerschnitt:
Nach Gleichung 15:	U_1, U_2	$\frac{8770}{1400} + \frac{7830}{770} = 16,5$ qcm	2 Winkelleifen $6 \times 6 \times 1,0$ cm	$2 \cdot 1,0 (6 + 5 - 2) = 18$ qcm
	U_3	$\frac{15100}{1400} + \frac{1350}{770} = 28,4$ »	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleifen } 6 \times 6 \times 1,0 \text{ »} \\ + 1 \text{ Platte } 17,5 \times 0,8 \text{ »} \end{array} \right\}$	$18 + 0,8 (17,5 - 4) = 28,8$ »
	U_4, U_5	$\frac{20000}{1400} + \frac{17900}{770} = 37,5$ »	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleifen } 6 \times 6 \times 1,0 \text{ »} \\ + 1 \text{ Platte } 17,5 \times 0,8 \text{ »} \\ + 1 \text{ Platte } 17,5 \times 0,6 \text{ »} \end{array} \right\}$	$28,8 + 0,6 (17,5 - 4) = 36,9$ »
Nach Gleichung 18:	O_1, O_2	$\frac{12000}{1200} + \frac{10700}{720} = 25$ »	2 Winkelleifen $7,5 \times 7,5 \times 1,0$ »	$2 \cdot 1 (7,5 + 6,5 - 2) = 24$ »
	O_3, O_4	$\frac{19600}{1200} + \frac{17400}{720} = 40,5$ »	$\left. \begin{array}{l} 2 \text{ Winkelleifen } 7,5 \times 7,5 \times 1,0 \text{ »} \\ + 1 \text{ Platte } 20,5 \times 1,0 \text{ »} \end{array} \right\}$	$24 + 1 (20,5 - 4) = 40,5$ »

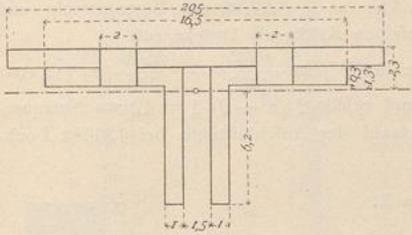
¹⁴⁹⁾ Nach: Art. 361, S. 324 (2. Aufl.: Art. 152, S. 131; 3. Aufl.: Art. 154, S. 147).

¹⁵⁰⁾ 2. Aufl.: Art. 77, S. 51; 3. Aufl.: Art. 83, S. 60.

Die ungünstigsten Felder sind O_4 und O_2 . In O_4 (Fig. 639) liegt der Schwerpunkt 2,3 cm unter Oberkante, und das kleinste Trägheitsmoment ist

$$J_{min} = (20,5 - 4) \frac{2,3^3 - 1,3^3}{3} + (16,5 - 4 - 1,5) \frac{1,3^3 - 0,3^3}{3} + 2 \frac{0,3^3 + 6,2^3}{3} = 221.$$

Fig. 639.



Das notwendige Trägheitsmoment ist bei $m = 5$ facher Sicherheit¹⁵¹⁾ nach Gleichung 193 (S. 213) $J = \frac{5 P l^2}{E \pi^2}$. Nun ist

$$l = 100 \text{ cm und } P = 37000 \text{ kg,}$$

$$\text{also } J = \frac{5 \cdot 37000 \cdot 100^2}{2000000 \cdot \pi^2} = 93,7.$$

Der Querschnitt, welcher auf Druck eben genügt, ist also gegen Zerknicken reichlich steif. Er kann als einheitlicher Querschnitt angesehen werden, da die Platte die Winkel Eisen verbindet; die Heftniete sind in einer Teilung von 5 Durchmessern gleich 10 cm angenommen,

so daß die Halbierung der Teilung für die Abflußniete eben noch möglich ist.

In O_2 muß untersucht werden, wie oft die einzelnen Winkel Eisen zu verbinden sind. Für das einzelne L-Eisen von $7,5 \times 7,5 \times 1$ cm Querschnitt ist $f = 14$ qcm und nach Nr. 7 der Zusammenstellung auf S. 206: $i = 14 \cdot 7,5^2 \cdot 0,0331 = 30$ und, mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213), $P = 22700$, $n = 2$, $L = 100$ cm, und $s = 5$,

$$N = \frac{100}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 22700}{2 \cdot 2000000 \cdot 30}} = 0,98 = \sim 1,0.$$

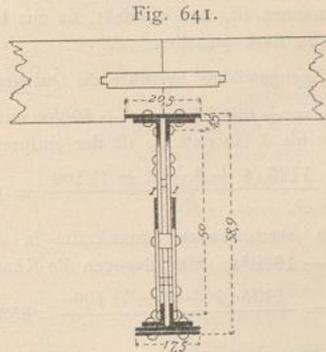
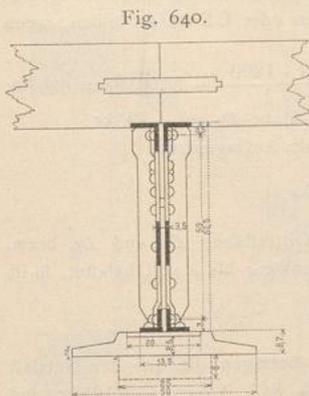
Demnach brauchen die Winkel im Felde überhaupt nicht verbunden zu werden; gleichwohl sind zwei Stehniete eingesetzt, um möglichst gute Verteilung der Spannung auf beide Winkel zu sichern.

Die in einem Knotenpunkte neu beginnende Platte muß über diesen Punkt hinaus nach dem Auflager nur so weit hinausragen, daß die ihrem Querschnitte entsprechende Zahl von Anschlußnieten außerhalb des Knotenpunktes Platz findet.

Die Spannkraft im Stabe O_3 der oberen Gurtung ist gleich -32300 kg und der ganze Querschnitt gleich 40,5 qcm; fonach hat 1 qcm: $\frac{32300}{40,5} = 800$ kg zu tragen. Die von der Platte aufzunehmende Kraft ist $(20,5 - 4) \cdot 1 \cdot 800 = 13200$ kg; die Anschlußniete sind einschneittig, der Nietdurchmesser d gleich der doppelten Blechdicke δ ($d = 2\delta$); fonach beträgt die Zahl der Nieten nach Art. 208 (S. 152, Gleichung 113), wenn 700 kg für 1 qcm als zulässige Scherbeanspruchung der Niete angenommen werden,

$$n = \frac{13200 \cdot 4}{2^2 \pi \cdot 700} = 6 \text{ Niete.}$$

Da stets 2 Niete nebeneinander sitzen, so müssen hiernach 3 Nietenreihen außerhalb des Knotenpunktes $O_2 O_3$ in der Platte enthalten sein, woraus sich die in Fig. 622 dargestellte Anordnung ergibt.



Die Ungleichmäßigkeit, welche aus dem Zufügen der Platte für die Balkenlagerung entsteht, wird durch Ausschneiden der Balken ausgeglichen (Fig. 640 u. 641).

β) Gitterstäbe. Die Spannungen in den Gitterstäben sollen beispielsweise für die Felder I und IV in Fig. 638 untersucht werden.

Im Felde I werden sie am ungünstigsten belastet, wenn alle Knotenpunkte 2 bis 8 Nutzlast tragen. Dann ist der Auflagerdruck für das

¹⁵¹⁾ Nach Fig. 136, S. 302 (2. Aufl.: Fig. 129, S. 104; 3. Aufl.: Fig. 150, S. 130) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses «Handbuches».

Eigengewicht

$$A = \frac{7 \cdot 1260}{2} = 4410 \text{ kg,}$$

für die Nutzlast

$$A = \frac{7 \cdot 1125}{2} = 3940 \text{ kg.}$$

Somit entstehen im Gitterstabe D_1 die Spannkraften $4410 \cdot 1,414 = +6235 \text{ kg}$ aus Eigengewicht und $3940 \cdot 1,414 = +5570 \text{ kg}$ aus der Nutzlast. In D_2 treten dieselben Kräfte als Drücke auf.

Die erforderlichen Querschnitte im Stabe D_1 ergeben sich¹⁵²⁾ zu $\frac{6235}{1400} + \frac{5570}{770} = 11,8 \text{ qcm}$; D_1 wird daher aus 2 Flachbändern von $8 \times 1 \text{ cm}$ gebildet und erhält 2 $(8 - 2) 1 = 12 \text{ qcm}$ Nutzquerschnitt. Nach Art. 208 (Gleichung 115, S. 153) wird die Anzahl der Anschlusniete bei 1300 kg Lochlaibungsdruck im $1,5 \text{ cm}$ starken Knotenbleche

$$n = \frac{6235 + 5570}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 3.$$

Für den Stab D_2 ist der erforderliche Querschnitt¹⁵³⁾ $\frac{6235}{1200} + \frac{5570}{720} = 13 \text{ qcm}$; die auf die Gurtungswinkel zu nietenden Flacheisenstäbe erhalten demnach $8,5 \text{ cm}$ Breite. Die Länge beträgt $50 \cdot 1,414 = 70,7 \text{ cm}$.

Die Entfernung zwischen den Mitten der Bänder ist mit Rücksicht auf die auf die Knotenbleche gelegten Füllstücke von 1 cm Dicke $b = 1,5 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 0,5 = 4,5 \text{ cm}$. Sollte der Stab nach beiden Richtungen gleich steif sein, so müßte nach Nr. 6 der Zusammenstellung auf S. 206: $b = 0,577 \cdot 8,5 = 4,9 \text{ cm}$ sein; das kleinere Trägheitsmoment ist also dasjenige für Achse II, und zwar ist es

$$\mathcal{I} = 2 \cdot 8,5 \cdot 4,5^2 \cdot 0,25 = 86.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment ist nach Gleichung 193 (S. 213) für Verdrehbarkeit an beiden Enden (Fall II, S. 205: $C = 10$)

$$\mathcal{I} = \frac{11805 \cdot 5 \cdot 70,7^2}{10 \cdot 2000000} = 14,8;$$

demnach reicht der doppelte Flacheisenstab aus.

Für das einzelne Flacheisen ist mit Bezug auf Gleichung 194 (S. 213): $i = \frac{8,5 \cdot 1^3}{12} = 0,7$, $n = 2$, $m = 5$ und $l = 70,7$; also

$$N = \frac{70,7}{3,14} \sqrt{\frac{5 \cdot 11805}{2 \cdot 2000000 \cdot 0,7}} = 3,27 \approx 2;$$

Somit sind 4 Stehniete in die ungeraden Achtel der Länge zu setzen, welche zum Teile in die Knotenbleche fallen.

Es ist jedoch zu betonen, daß diese Aussteifung zweier Flacheisen durch Stehniete immer unvollkommen bleibt, weil ein Stehniet bei leicht eintretenden Ausführungsfehlern gar nicht, sonst unvollkommen geeignet ist, die Bänder in der Verbindungsstelle in ihrer Richtung festzuhalten. Dies ist einer der wichtigsten Gründe, wegen deren man bei allen etwas größeren Trägern von der Bildung der Druckstrahlen aus Flacheisen zurückgekommen ist, und vorzieht, sie aus L-Eisen oder E-Eisen zu bilden, wenn die Querschnitte dabei auch etwas zu stark ausfallen.

Im Felde IV ist die vom Eigengewichte herrührende Querkraft $\frac{7 \cdot 1260}{2} = 3 \cdot 1260 = 630 \text{ kg}$; daher die Spannkraft im Stabe $D_7 = +630 \cdot 1,414 = +890 \text{ kg}$ und im Stabe $D_8 = -890 \text{ kg}$.

Tragen die Knotenpunkte 5 bis 8 Nutzlast, so ist der entsprechende Auflagerdruck

$$A = \frac{1125 (4 + 3 + 2 + 1) 100}{800} = 1406 \text{ kg,}$$

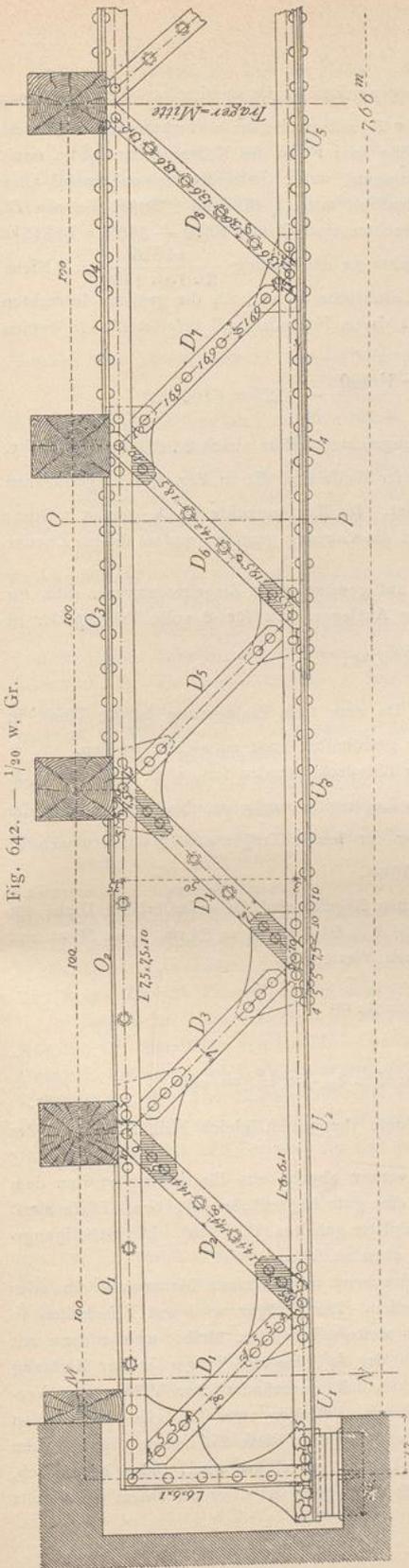
somit die aus der Nutzlast rechts herrührenden Spannkraften in den Gitterstäben D_7 und D_8 bzw. $+1406 \cdot 1,414 = +1990 \text{ kg}$ und -1990 kg . Sind dagegen die Knotenpunkte 2 bis 4 voll belastet, so ist

$$A = \frac{1125 (5 + 6 + 7) 100}{800} = 2530 \text{ kg}$$

und die Querkraft im Felde IV: $2530 - 3 \cdot 1125 = -845 \text{ kg}$; ferner betragen die aus der Nutzlast links sich ergebenden Spannkraften in den Stäben D_7 und D_8 bzw. $-845 \cdot 1,414 = -1195 \text{ kg}$ und $+1195 \text{ kg}$.

¹⁵²⁾ Nach: Gleichung 18 (S. 250) in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«.

¹⁵³⁾ Nach: Gleichung 18 (S. 251) ebendaf.

Fig. 642. — $\frac{1}{20}$ w. Gr.

Sonach ist der Gitterstab D_7 nach Gleichung 21 in Teil I, Bd. 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches« zu bemessen mit

$$\frac{890}{1400} + \frac{1990}{770} + \frac{1195}{1700} = 3,9 \text{ qcm}$$

und der Querschnitt des Gitterstabes D_8 nach Gleichung 24 daselbst mit

$$\frac{890}{1200} + \frac{1990}{720} + \frac{1195}{1800} = 4,2 \text{ qcm.}$$

Hier werden also thunlichst schwache Flacheisenquerschnitte auszuführen sein, welche in den Einzelheiten nach obigem Verfahren festgestellt werden. Die Gitterstäbe erhalten die in Fig. 642 eingetragenen Abmessungen und Anschlusniete. Die Gitterstäbe sind jedoch nach der Trägermitte hin mehr und mehr zu stark bemessen, weil die theoretischen Abmessungen für die Herstellung zu gering ausfielen. Nochmals mag hier besonders hervorgehoben werden, daß die gedrückten Stäbe aus zwei Flacheisen mit Stehnieten die sorgfältigste Herstellung der Nietung verlangen. Es ist vorgekommen, daß solche Glieder infolge mangelhafter Bildung der Stehniete eingeknickt sind, weil jedes Flacheisen für sich nachgab.

Da die gedrückten Gitterstäbe nicht unmittelbar auf den Knotenblechen liegen, so müssen die in Fig. 642 durch lotrechte Schraffierung angedeuteten Füllbleche eingelegt werden.

Der Anschluß der Gitterstäbe an die Gurtungen kann nur in den seltensten Fällen mittels unmittelbarer Vernietung der Teile erfolgen, weil die Gurtungen zum Anbringen der erforderlichen Nietzahl meist nicht den nötigen Platz bieten. Alsdann ist nötig, wie hier in fast allen Knoten, Knotenbleche einzusetzen, an welche die Wandglieder mit den oben für zwei Fälle berechneten Nietzahlen angegeschlossen werden, welche nun aber anderseits mit den Gurtungen in ausreichende Verbindung gebracht werden müssen.

Die Knotenbleche übertragen auf die Gurtungen die Mittelkraft der Spankräfte aus den an sie anschließenden Paaren von Gitterstäben, und diese Mittelkräfte sind hier wegen der wagrechten Stellung der Gurtungen wagrecht; sie sind ferner gleich der Summe der lotrechten Seitenkräfte der Spankräfte in den Gitterstäben, weil von den zwei an ein Knotenblech anschließenden Stäben stets einer gedrückt, einer gezogen wird und die Neigung beider 45 Grad beträgt.

Der obere Anschluß des Gitterstabes D_1 muß im Knotenbleche 3 um den Endknoten symmetrisch geordnete Niete erhalten, weil dieses Knotenblech höchstens die größte Spankraft von D_1 zu übertragen hat und diese 3 Niete verlangte; gesetzt sind 5 Niete.

Im Knotenpunkte $U_1 U_2$ ist die größte lotrechte Seitenkraft von D_1 gleich der von D_2 , also gleich 8350 kg; die Summe der wagrechten Seitenkräfte hier nach $2 \cdot 8350 = 16700$ kg und die Zahl der zweifachschnittigen Anschlusniete für $d > \delta$ nach Art. 208 (S. 153,

Gleichung 115) $n = \frac{16700}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 5$ Niete, von denen der mittelfte D_2 unmittelbar faßt, und von denen einer wegen des Zusammentreffens mit den Stäben von D_2 mit zwei ganz verfenkten Köpfen herzustellen ist. Aus den Nietstellungen ergeben sich dann Größe und Form des Knotenbleches (Fig. 642).

Im Knotenpunkte $O_1 O_2$ wird die größte Kraft übertragen, wenn dieser Knotenpunkt nebst allen rechts davon liegenden voll belastet ist. Die lotrechte Seitenkraft von D_2 ist dann 8350 kg, die von D_3 gleich $8350 - 2385 = 5965$ kg, somit die Summe der wagrechten Seitenkräfte $8350 + 5965 = 14315$ kg und die erforderliche Zahl der Anschlusniete des Knotenbleches an die Gurtung $\frac{14315}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 4$ Niete.

Im Knotenpunkte $U_2 U_3$ haben beide anschließende Gitterstäbe D_3 und D_4 die größten lotrechten Seitenkräfte, wenn der Knotenpunkt $O_2 O_3$ nebst allen rechts davon liegenden voll belastet ist. In beiden ist die lotrechte Seitenkraft dann

$$\frac{7 \cdot 1125}{2} + 1260 \frac{(6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1) 100}{800} - 1125 = 6100 \text{ kg};$$

folglich die Summe der aus dem Knotenbleche abzugebenden wagrechten Kräfte gleich $2 \cdot 6100 = 12200$ kg, und die Zahl der Anschlusniete $\frac{12200}{2 \cdot 1,5 \cdot 1300} = 4$. In dieser Weise sind die in Fig. 642 eingetragenen Niete für die Knotenbleche für alle Knotenpunkte berechnet. Im Knotenpunkte $O_4 O_5$ genügt 1 Niet; die Gitterstäbe sind daher hier nebeneinander unmittelbar auf die Gurtung genietet, und zu diesem Zwecke aus der theoretischen Lage etwas nach oben verdreht.

γ) Auflager. Es ist angenommen, daß der Träger auf gewöhnlichem Ziegelmauerwerke ruht, für das die zulässige Pressung 8 kg für 1 qcm beträgt. Der ganze Auflagerdruck für 8 volle Trägerfelder ist

$$\frac{8}{2} (1125 + 1260) = 9540 \text{ kg},$$

die erforderliche Lagergrundfläche also $\frac{9540}{8} = 1200$ qcm. Da eine tiefe Einlagerung in die Wand in den meisten Fällen nicht zugänglich ist, so muß das Auflager gewöhnlich breit entwickelt werden.

Wäre der Raum, welcher von dem 8 m langen Träger überdeckt werden soll, z. B. 7,66 m weit, so blieben an jedem Ende $\frac{800 - 766}{2} = 17$ cm von Wand bis Lagermitte verfügbar. Nun müssen aber die Lagerchuhe von der Mauerkante entfernt bleiben, und zwar für solche Träger etwa 5 cm; demnach ist die halbe Lagerlänge 12 cm und die Lagerbreite $\frac{1200}{2 \cdot 12} = 50$ cm.

Nach den in Art. 326 (S. 261) für die Lager gegebenen Regeln wird die erforderliche Dicke der Lagerplatte, da hier in den Gleichungen 259 u. 260 (S. 263) $A = 9540$ kg, $l_1 = 24$ cm, $b_1 = 50$ cm und nach Fig. 640: $b_2 = 20$ cm zu setzen sind, gleich dem größeren Werte von

$$\delta = 0,055 \sqrt{9540 \frac{24}{50}} = 3,7 \text{ cm}$$

und

$$\delta_m = 0,055 \sqrt{9540 \frac{50 - 20}{24}} = 6,0 \text{ cm}, \quad \delta = \delta_m + 2 = 8 \text{ cm} \text{ oder}$$

abgerundet gleich 8,5 cm zu machen sein; die Randstärke könnte theoretisch gleich Null sein, wird des Guffes wegen aber gleich 2 cm (Fig. 640) gemacht.

Im Lager wird unter den Träger eine 1,5 cm starke, vorher abgehobelte Platte genietet, um dem Träger, dessen Unterfläche an sich meist nicht sehr eben ist, eine gute Lagerfläche zu geben. Diese meist etwas verbreiterte Platte wird beiderseits von Nafen der Grundplatte gehalten (Fig. 640). Die Befestigungsniete der Lagerplatte sind unten sorgfältig zu verfenken und eben zu feilen.

Die Grundplatte greift mit einem Ansatz in das entsprechend ausgestemmte Mauerwerk ein oder erhält die in Art. 327 (S. 263) erörterte Befestigung mit Dollen. Der Träger wird auf Eisenkeilen so verlegt, daß zwischen Grundplatte und Mauerwerk eine 1,5 cm weite offene Fuge bleibt, welche dann mit Zement vergossen wird. Unter Wärmeveränderungen ist dann der so gelagerte Träger in der Richtung seiner Länge verschiebbar. Soll er aber in Räumen mit ziemlich unveränderlicher Wärme zur Verankerung der Wände benutzt werden, so bohrt man in jedem Auflager zwei bis vier Löcher von etwa 2 cm Durchmesser durch die Gurtung in die Grundplatte und treibt in diese Eisendorne. Bei starken Wärmewechseln ist diese Anordnung, sobald sie in beiden Lagern ausgeführt wird, indes bedenklich, weil dadurch die Wände hin und her gerüttelt werden. Diese Festlegung ist aber an einem Ende stets nötig, da der Träger sonst von den Lagern wandern kann.

Um zu vermeiden, daß der Träger sich bei Durchbiegungen auf die Vorderkante der Lagerplatte setzt, wölbt man letztere nach Art. 326 (S. 261) in der Lagerfläche, damit der Träger vorwiegend in der Mitte aufruhet, nähert sich damit dann der in Fig. 625 u. 626 (S. 262 u. 263) dargestellten Form.

Ueber dem Lager muß der Träger eine dem ganzen Auflagerdrucke genügende Endsteife, hier 2 Winkeleisen, haben, welche durch ein eingestecktes Knotenblech unten auf die volle Lagerlänge behufs Erzielung guter Druckverteilung ausgeweitet wird (Fig. 642).

Litteratur.

- Bücher über »Eisenkonstruktionen im allgemeinen« und »Konstruktionselemente in Eisen«, fowie über »Baufchloßerei« und »Schmiedewerkskunde«.
- ZIPPER'S, J. Anweisung zu Schloßerarbeiten. Augsburg 1795. — 3. Aufl.: Vollständiges Handbuch der Schloßer-Kunst etc. Herausg. v. C. HARTMANN. 1841.
- GRANDPRÉ, M. J. *Manuel théorique et pratique du ferrurier etc.* Paris 1827. — Deutsch von J. G. PETRI. Ilmenau 1830. — 8. Aufl. von A. W. HERTEL. 1865.
- KÖNIG, J. Grundriß der Schloßerkunst etc. Weimar 1848. — 4. Aufl.: Die Arbeiten des Schloßers etc. 1876.
- FAIRBAIRN, W. *On the application of cast and wrought iron to building purposes.* London 1854. — 4. Aufl. 1870. — Deutsch von D. BRAUNS. Braunschweig 1859.
- GUILLAUME. *Tableaux de la résistance des fers à double T etc.* Paris 1858.
- COHEN, L. P. Tabellen zur Bestimmung der Dimensionen gußeiserner Träger. Leipzig 1861.
- GUETTIER, A. *De l'emploi pratique et raisonné de la fonte de fer dans les constructions.* Paris 1861.
- MONGÉ. *Constructions en fer etc.* Paris 1861.
- SHIELDS, F. W. *Strains on structures of ironwork etc.* London 1861. — 2. Aufl. 1867. — Deutsch von B. BEHR. Berlin 1861.
- FINK, F. Die Schule des Bauchloßers. Leipzig 1861. — 3. Aufl. 1880.
- HÄNEL, A. Abhandlung über die Constructionsverhältnisse eiserner Gitterbalken. Stuttgart 1864.
- BRANDT, E. Lehrbuch der Eisen-Konstruktionen mit besonderer Anwendung auf den Hochbau. Berlin 1864. — 3. Aufl. 1876.
- LAVEDAN, P. *Guide pratique de ferrurerie usuelle et artistique etc.* Paris 1867.
- BOILEAU, L. A. *Le fer principal élément constructif de la nouvelle architecture.* Paris 1871.
- BARRÉ, L. A. *Éléments des charpenterie métallique.* Paris 1872.
- LIGER, L. *La ferronnerie ancienne et moderne etc.* Bd. I u. II. Paris 1873 u. 1876.
- DES BIARS, G. *De l'emploi du fer dans les constructions. Planchers, poitrails et linteaux en fer laminé, supports en piliers en fonte ou en fer forgé.* Paris 1874.
- KLASEN, L. Handbuch der Hochbau-Construktionen in Eisen. Leipzig 1876.
- DEMONT. *Nouveau traité de ferrurerie, ou Vignole à l'usage des ouvriers etc.* Paris 1876.
- HEINZERLING, F. Der Eisehohbau der Gegenwart. Aachen 1876—78.
- JEEP, W. Die Verwendung des Eisens beim Hochbau. Leipzig 1876—79.
- INTZE, O. Tabellen und Beispiele für eine rationelle Verwendung des Eisens zu einfachen Baukonstruktionen. Berlin 1878.
- LÜDICKE, A. Praktisches Handbuch für Kunst-, Bau- und Maschinen-Schloßer. Weimar 1878. — 2. Aufl. 1890.
- CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des constructions en fer.* Levallois-Perret 1878.
- THIOLLET. *Serrurerie et fonte de fer.* Paris 1879.
- LOEWE, F. Ueber Nietverbindungen. Erster Bericht des Professor W. C. UNWIN an die Sub-Commission der »Institution of Mechanical Engineers« etc. Wien 1880.
- BOILEAU, L. A. *Principes et exemples d'architecture ferronnière; les grandes constructions édificatoires en fer; la halle-basilique.* Paris 1880.
- ZIMMERMANN, H. Ueber Eisenkonstruktionen und Walzprofile. Berlin 1881.
- ZIMMERMANN, H. Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Gewichte genieteter Blechträger. Berlin 1881. — 2. Aufl. 1885.
- FERRAND, J. *Le charpentier-ferrurier au XIX^e siècle. Constructions en fer et en bois. Charpentes mixtes en fer, fonte et bois.* Paris 1881.

- NOWAK, E. Der Metallbau. Leipzig 1882.
- UHLAND, W. H. Handbuch für den praktischen Maschinen-Constructeur. Bd. I. Leipzig 1883. S. 1.
- KOULLE, H. Hülftabellen für die Berechnung schmiedeeiserner Stützen etc. Berlin 1884.
- LAUTER, W. H. & H. RITTER. Façoneisen und deren praktische Verwendung. Frankfurt a. M. 1885.
- L'architettura del ferro. Raccolta dei motivi per costruzioni civile, ferroviarie et artistiche.* Mailand 1885.
- CORNU, L. *Guide pratique pour l'étude et l'exécution des constructions en fer etc.* Neue Aufl. Paris 1886.
- PINZGER, L. Die Berechnung und Construction der Maschinen-Elemente. Heft 3: Einige Notizen über die Construction der Gitterträger. Die Keilverbindungen und die Schraubenverbindungen, Leipzig 1886.
- SCHAROWSKY, C. Musterbuch für Eisen-Constructionen. Leipzig und Berlin 1887.
- BARBEROT, E. *Traité pratique de ferrurerie. Constructions en fer. Serrurerie d'art.* Paris 1888.
- Fach-Bibliothek für Bau-, Kunst- und Maschinen Schlosser, für Mechaniker, Maschinenbauer und Schmiede. Berlin. Erscheint seit 1890.
- PFLEGER, R. Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Träger. Leipzig 1891.
- KRAUTH, TH. & F. S. MEYER. Das Schlosserbuch etc. Leipzig 1891. — 2. Aufl.: 1897.
- PFLEGER, L. Tabellen über die berechnete Tragfähigkeit der beim Hochbau zu verwendenden eisernen Stützen. Leipzig 1892.
- BAKER, W. L. *The beam, or technical elements of girder construction.* London 1892.
- LAUENSTEIN, R. & A. HANSER. Die Eisenkonstruktionen des einfachen Hochbaues. Stuttgart 1895. — 2. Aufl.: 1900.
- Das Handbuch des Bautechnikers. Herausg. von H. ISSI. Heft IX: Die Eisenkonstruktionen des Hochbaues. Von R. SCHÖLER. Leipzig 1900.