



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Universitätsbibliothek Paderborn**

### **Lehrbuch des Hochbaues**

Grundbau, Steinkonstruktionen, Holzkonstruktionen, Eisenkonstruktionen ,  
Eisenbetonkonstruktionen

**Esselborn, Karl**

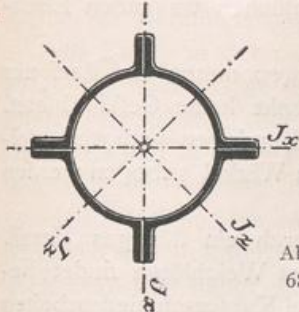
**Leipzig, 1908**

II. Die Konstruktionselemente.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-50294](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-50294)

Bei dem nebenstehenden Querschnitt aus 4 Quadranteisen sind wieder zwei Paare von Hauptachsen (Symmetrieachsen) vorhanden, für die die Trägheitsmomente ebenfalls sämtlich einander gleich sind. Auch für alle anderen Schwerachsen ergeben sich die gleichen Trägheitsmomente.

Abb. 67. Aus vier Quadranteisen bestehender Querschnitt.

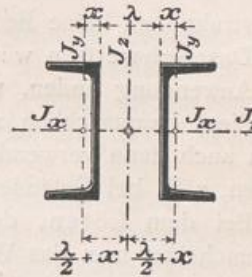


Bei dem nebenstehenden Querschnitt aus zwei Paaren von Hauptachsen (Symmetrieachsen) vorhanden, für die die Trägheitsmomente ebenfalls sämtlich einander gleich sind. Auch für alle anderen Schwerachsen ergeben sich die gleichen Trägheitsmomente.

$J = J_x = J_y$ ; die Werte hierfür sind für die verschiedenen Durchmesser in der »Hütte« gegeben.

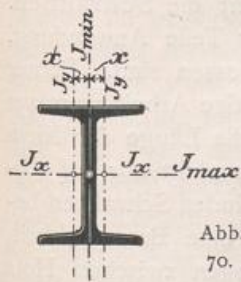
$$\text{Abb. } \begin{cases} J_1 = 2 \cdot J_x, \\ 68. \quad J_2 = 2 \cdot \left[ J_y + F \cdot \left( \frac{\lambda}{2} + x \right)^2 \right]. \end{cases}$$

Abb. 68. Aus zwei C-Eisen bestehender Querschnitt.



In der »Hütte« und auch in den meisten anderen Profiltabellen sind für die verschiedenen C-Profile die Werte für  $\lambda$  ( $i$ ) angegeben, für die  $J_1 = J_2$  wird.

Abb. 69. Aus zwei dicht nebeneinander liegenden C-Eisen bestehender Querschnitt.



Ist  $\lambda < i$  so wird  $J_1 = J_{\max}$  und  $J_2 = J_{\min}$ .

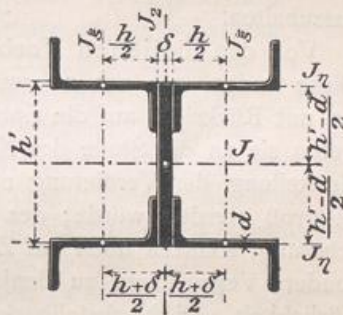
Ist  $\lambda > i$  so wird  $J_2 = J_{\max}$  und  $J_1 = J_{\min}$ .

Für  $\lambda = 0$  (Abb. 69) ist  $J_2 = J_{\min} = 2 \cdot (J_y + F \cdot x^2)$ ,

oder auch, da  $J_b$  meist für ein C-Eisen angegeben ist,

$$J_{\min} = 2 \cdot J_b.$$

Abb. 70. Aus vier L-Eisen bestehender Querschnitt.



$$\text{Abb. } \begin{cases} J_1 = \frac{\delta \cdot h^3}{12} + 4 \cdot \left[ J_{y1} + F \cdot \left( \frac{h-d}{2} \right)^2 \right], \\ 70. \quad J_2 = \frac{h \cdot \delta^3}{12} + 4 \cdot \left[ J_{z1} + F \cdot \left( \frac{h+\delta}{2} \right)^2 \right]. \end{cases}$$

Für unregelmäßige, krummlinig begrenzte Querschnitte erfolgt die Ermittlung der Trägheitsmomente am zweckmäßigsten auf graphischem Wege, worauf hier jedoch nicht näher eingegangen werden kann.

## II. Die Konstruktionselemente.

### A. Die Verbindungsmittel der Eisenkonstruktionen.

§ 12. Die verschiedenen Arten der Verbindungsmittel. Die Mittel, welche zur Verbindung zweier oder mehrerer Konstruktionsteile verwendet werden, sind je nach den an sie gestellten Anforderungen und dem Zweck, dem sie dienen, verschieden. Man unterscheidet lösliche und unlösliche Verbindungen und demgemäß lösliche und unlösliche Verbindungsmittel.

Unlöslich nennt man eine Verbindung, wenn eine spätere Trennung der verbundenen Teile nur durch Zerstörung der Verbindungsmittel möglich ist. Lösliche Verbindungen sind solche, die jederzeit auseinander genommen werden können, ohne daß die Konstruktionsteile zerstört werden.

Die löslichen Verbindungsmittel teilt man noch ein in feste und regulierbare, je nachdem die Verbindung eine unveränderlich feste oder eine nachstellbare ist.



Lösliche Verbindungsmittel sind die Schrauben, Bolzen und Keile, und zwar können die Keil- und Schraubenverbindungen regulierbar ausgeführt werden, während die Bolzen feste lösliche Verbindungen ergeben.

Als unlösliche Verbindungsmittel sind zu nennen: das Schweißen, das Löten und die Niete. Das Schweißen und Löten hat für die eigentlichen tragenden Eisenkonstruktionen keine Bedeutung.

Das Schweißen wird nur bei Schweißeisen und Stahl vorgenommen und darf nur da Anwendung finden, wo die Schweißstelle als schwacher Punkt keine Gefahr bietet. Es dient hauptsächlich zur Verlängerung von Flacheisen und Rundeisen und wird vielfach auch dann verwendet, wenn einfache Profileisen scharf im Winkel gebogen werden sollen, z. B. bei Geländern, Verzierungen usw.

Bei dem Löten, der Verbindung zweier Metallstücke durch ein flüssiges Metall, unterscheidet man das Weichlöten und das Hartlöten. Das Weichlöten findet besonders Anwendung bei Spenglerarbeiten, das Hartlöten meist bei Kupferschmiedearbeiten und in der Kunstschlosserei.

Die für die tragenden Eisenkonstruktionen fast nur in Frage kommenden unlöslichen Verbindungsmittel sind die Niete. Die Nietverbindungen sind nur bei Schmiedeeisen und Stahl anwendbar; bei Gußeisen sind sie zu vermeiden, da dieses zu spröde ist, um die für das Nieten nötigen Hammerschläge oder Stöße der Nietmaschinen sicher auszuhalten.

Von den löslichen Verbindungsmitteln sind die wichtigsten: die Schrauben. Diese finden, wie schon erwähnt, bei der Verbindung gußeiserner Teile Anwendung, wo mit Rücksicht auf die Sprödigkeit des Materials Niete ausgeschlossen sind. Ferner treten sie an die Stelle der Niete in allen Fällen, bei denen der nötige Arbeitsraum zur Herstellung der Vernietung nicht vorhanden ist, oder bei denen die Länge der Niete zu groß werden würde; des weiteren auch dann, wenn die Bolzen nicht nur auf Abscherung, sondern noch auf Zug beansprucht werden. Außerdem finden Schrauben besonders Verwendung zu denjenigen Verbindungen, bei denen auf eine Beweglichkeit, Löslichkeit und Nachstellbarkeit Wert gelegt wird. Für Verbindungen zwischen Holz und Eisen, Eisen und Stein usw. kommen sehr oft nur Schrauben in Betracht.

Statt der Schrauben kann man Bolzen verwenden in denjenigen Fällen, bei denen es auf ein Anziehen und Nachstellen nicht ankommt. An Stelle der drehbaren Schraubemutter tritt ein einfacher Splint, wodurch die Verbindung einfacher und billiger wird.

Die Keile lassen sich mitunter dann praktisch verwenden, wenn die Verbindung rasch oder plötzlich gelöst werden soll oder wenn es sich um eine Verbindung handelt, bei der auf eine unter gewissen Umständen selbständig eintretende Lösung oder Nachspannung Wert gelegt wird, z. B. wenn die Keile bei der Unterbrechung einer Druckübertragung herausfallen sollen (selbständige Lösung) oder bei Vergrößerung des Spielraumes für die Keile nachrutschen sollen (selbständiges Anspannen). Die Keilverbindungen können auch nachstellbar ausgeführt werden.

### § 13. Die unlöslichen Verbindungsmittel.

**1. Das Schweißen.** Das schmiedbare Eisen wird durch genügende Erhitzung weich und teigartig und läßt sich in diesem Zustande schweißen, d. h. zwei Stücke lassen sich durch Druck oder Hammerschläge verbinden. Hierbei sind die zu vereinigenden Flächen vorher vollständig zu reinigen, so daß das Metall rein und ohne Oxyd vorliegt. Eine mechanische Reinigung allein durch Abfeilen und Beizen mit Säuren genügt nicht, da das Eisen beim Glühen sich sofort wieder mit einer Oxydschicht  berziehen würde; es muß deshalb das Eisen während der Schweißarbeit vor Oxydation gesch tzt werden.



Zu diesem Zwecke bestreut man die zu schweißenden Stellen mit »Schweißpulver«, aus dem sich in der Glühhitze eine leicht schmelzbare Schlacke bildet, die das Eisen umhüllt und so durch Abschluß von der Luft eine weitere Oxydation verhindert. Diese Schlacke darf natürlich in der Schweißstelle nicht verbleiben und muß bei der Schweißung durch die Hammerschläge wieder herausgepreßt werden.

Die Fuge, in der die beiden Stücke vereinigt sind, in der also die Schweißung erfolgt ist, nennt man Schweißfuge. Die Schweißhitze ist bei Schmiedeeisen und Stahl verschieden. Bei Schmiedeeisen muß bis auf Weißglut erhitzt werden, und es kann deshalb als Schweißpulver ein schwerflüssiges Material, das erst in der Weißglut schmilzt, Verwendung finden, z. B. reiner Quarzsand.

Stahl darf nur bis zur Hellrotglut erhitzt werden; es muß deshalb hierbei ein dementsprechend leichter schmelzbares Schweißpulver gewählt werden. Die Güte der Schweißung hängt davon ab, ob das Schweißmittel bei der Schweißung auch wieder vollständig aus der Schweißfuge ausfließt. Ist die Schweißarbeit noch so gut gelungen, so muß man doch bedenken, daß auch die beste Schweißung niemals die Festigkeit des ungeschweißten Materials hat.

Gußeisen läßt sich im eigentlichen Sinne nicht schweißen. Es gibt jedoch ein Mittel, welches gestattet, schadhafte Stellen im Gußeisen auszubessern oder kleine Ansätze anzugießen, und das manchmal auch mit dem Namen Schweißen bezeichnet wird.

**2. Das Löten.** Das Löten besteht darin, daß zwei gleiche oder verschiedene Metallflächen mittels einer leichter schmelzbaren Legierung, dem Lot, verbunden werden. Vor dem Löten müssen die Metallflächen durch Abfeilen oder Abschaben gut gereinigt werden, da sonst das Lot nicht anhaftet. Auch hier ist während des Lötens die Luft abzuhalten, um eine Oxydation des heißen Metalls zu verhindern. Dies geschieht ähnlich wie beim Schweißen durch einen schützenden Überzug. Beim Weichlöten verwendet man hierzu Kolophonium oder Lötwater, d. h. eine gesättigte Lösung von Zink in Salzsäure, beim Hartlöten meist Boraxpulver.

Das zum Löten verwendete Verbindungsmittel, das Lot, ist je nach der Art der zu verbindenden Metalle in seiner Zusammensetzung verschieden. Das gewöhnliche dünnflüssige Weichlot besteht aus 60 Teilen Zinn und 40 Teilen Blei, schmilzt bei 180° und dient zur Verbindung der leicht schmelzbaren Metalle: Blei, Zink und Zinn. Das Lot wird meist mittels eines erhitzten LötKolbens gelöst und aufgetragen.

Das Hart- oder Schlaglot ist strengflüssiger und findet beim Löten schwerer schmelzbarer Metalle, wie Messing, Bronze, Eisen und Kupfer, Anwendung. Die zu verbindenden Teile werden in Holzkohlenfeuer erhitzt, bis das dazwischengebrachte Lot zum Schmelzen kommt und in die Fuge einfließt. Zum Löten von Eisen wird als Lot häufig Kupfer verwendet.

### 3. Die Vernietungen.

a) *Allgemeines, Ausführung und Untersuchung der Nietung.* Die Niete sind die wichtigsten der für die Eisenkonstruktionen in Betracht kommenden unlöslichen Verbindungsmittel. Die Nietbolzen bestehen aus einem Kopf und Schaft. Die Vernietung wird meist in warmem Zustand vorgenommen, indem der hellglühende Nietbolzen durch das entsprechende, zuvor gereinigte Nietloch gesteckt und der überstehende Teil des Schaftes zu einem zweiten Kopf, dem Schließkopf, »geschlagen« wird. Während der Bildung des Schließkopfes muß der Setzkopf fest angedrückt werden (Vorhalten).

Neben dieser warmen Nietung hat man auch die kalte Vernietung; und zwar kommt diese bei kleinen Nieten unter 1 cm Schaftdurchmesser zur Verwendung, weil die dünnen Schäfte durch die Erhitzung zu stark leiden würden. Die warme Vernietung,



die bei Schaftdurchmessern von mehr als 1 cm immer zu empfehlen ist, und die bei den Hochbau- und Br uckenkonstruktionen fast durchweg verwendet wird, hat den Vorteil, daß sich das Material zwecks Bildung des Schließkopfes leichter und mit geringerem Schaden für das Material formen löst als im kalten Zustande. Ferner wird durch die Abkühlung des Nietbolzens eine Zusammenpressung der zu verbindenden Teile bewirkt. Die mit dieser Zusammenziehung auftretende Reibung zwischen den Flächen wirkt für die Kraftübertragung günstig, wird aber zu Gunsten der Sicherheit nicht in Rechnung gezogen. Mit der L ngszusammenziehung ist gleichzeitig eine Zusammenziehung in der Querrichtung verbunden, die unvorteilhaft ist, da das Nietloch nach der Abkühlung nicht vollständig ausgef llt wird. Man muß diesen Nachteil durch gutes Ausstauchen beseitigen.

Wenn bei Vernietungen auf die Dichtigkeit Wert gelegt wird, wie z. B. bei Wasser- und Gasbehältern, so werden die Niete und die Blechkanten verstemmt. Bei Blechen mit weniger als 5 mm Stärke ist ein Verstemmen nicht mehr gut auszuführen und eine Dichtung wird hierbei erreicht durch Dazwischenlegen von Leinwand- oder Papierstreifen, die mit Mennigekitt gestrichen sind.

Vor der Vernietung sind die zu vernietenden Teile mit den Nietl chern passend aufeinander zu legen (auszurichten) und durch Bolzen oder Dorne in ihrer richtigen Lage zu halten, bis die Vernietung ausgeführt ist. Damit alle Nietlöcher gut aufeinander passen, müssen die zu verbindenden Bleche übereinstimmend gebohrt sein. Um eine möglichst übereinstimmende Bohrung zu erzielen, werden die Bleche entweder einzeln nach Schablonen gebohrt oder, was besser ist, die zu verbindenden Stücke werden zur Bohrung entsprechend aufeinander gelegt und gemeinsam gebohrt. Aber trotz großer Vorsicht beim Bohren werden sich beim Zusammenlegen (Zusammenfahren) bei der Montage öfters kleine Abweichungen herausstellen. Sind diese Abweichungen zwischen den zusammengehörigen Nietl chern größer als 5% des Nietdurchmessers, so müssen die betreffenden Löcher nachgebessert werden. Dies geschieht meist durch Aufreiben mit der Reibahle; für solche ausgeriebene Nietlöcher sind dann entsprechend stärkere Nietbolzen zu verwenden. Gewaltames Ausrichten mit konischen Stahldornen ist zu verwerfen.

Die Ausführung der Nietung findet durch Hand- und Maschinenarbeit statt. Die Handnietung wird nur für kleinere Konstruktionen angewendet und eventuell auch für kleinere Nacharbeiten bei größeren Konstruktionen. Sie versagt jedoch schon bei mäßig langen Nieten und größeren Nietdurchmessern. Der Schließkopf wird bei der Handnietung durch Aufsetzen eines Schellhammers gebildet, auf den die Hammerschläge ausgeführt werden. Während der Nietung ist ein festes Andrücken (Gegenhalten) des Setzkopfes mit einem schweren Vorhalter oder einer Nietwinde erforderlich.

Die Maschinennietung ist besser und allen Anforderungen gewachsen; sie erfolgt in der Regel durch Maschinen, bei denen der zur Bildung des Schließkopfes nötige Druck oder die nötigen Stöße durch Pre wasser bzw. Preßluft erzeugt werden.

Nietmaschinen mit Dampf- oder elektrischem Betrieb sind selten zu finden. Sehr gute und häufig verwendete Maschinen sind die Revolvernietmaschinen mit Pre luftbetrieb. Die Maschinennietung hat gegenüber der Handnietung folgende Vorteile:

1. Sie übt eine größere und schneller wirkende Kraft aus und hiermit ist verbunden:
2. Eine bessere Zusammenstauchung des Nietschaftes, d. h. eine bessere Ausf llung des Nietloches, wodurch eine größere Festigkeit der Nietverbindung erreicht wird.
3. Sie ist bedeutend, zwei- bis dreimal, billiger und erfordert drei- bis fünfmal so wenig Zeit als die Handnietung.



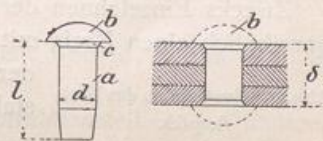
Nachdem die Niete geschlagen sind, müssen sie auf ihre Güte untersucht werden, und zwar muß dies vor Beseitigung der Schönheitsfehler, d. h. vor der Abstimmung der Nietränder, dem Verputzen, geschehen, damit lockere oder schlechte Niete durch Verstemmung nicht scheinbar gut gemacht werden können. Die Niete müssen vollkommen festsitzen und vollständig ausgestaucht sein. Die Prüfung hierauf geschieht am einfachsten durch Anschlagen mit einem kleinen Hammer, dem Nietkontrollhammer.

Bei festsitzenden guten Nieten schnellert der Hammer leicht zurück, und es ergibt sich ein hellklingender Ton, während lose Niete dumpf ertönen. Zweckmäßig und sicher ist es, beim Anschlagen den Daumen an den Nietkopf aufzusetzen und durch das Gefühl festzustellen, ob das Niet fest sitzt.

Ferner müssen die Nietköpfe genau zentrisch zum Nietbolzen sitzen und dürfen keine Risse zeigen. Stichproben durch Herausnehmen von Nieten sind jedenfalls zu empfehlen. Alle Niete, die den obengenannten Bedingungen nicht entsprechen, sind wieder herauszuschlagen und durch vorschriftsmäßige zu ersetzen. Da im Werk geschlagene Niete im Durchschnitt immer besser und außerdem auch billiger werden, als auf der Baustelle, so soll man zweckmäßig das Vernieten auf der Baustelle möglichst beschränken.

b) *Die Niete selbst.* Die Niete werden aus bestem, weichem und zähem Schweiß- oder Flußeisen hergestellt. Jedes Niet besteht aus einem zylindrischen, am Ende etwas konisch gestalteten Schaft *a* (Abb. 71) und einem Kopf, dem Setzkopf *b*. Der Übergang zwischen Setzkopf und Schaft wird gebildet durch ein kegelförmiges Stück *c*, das ein Einschneiden von scharfen Blechkanten in den Nietkopf verhindern und somit die Festigkeit der Nietverbindung vergrößern soll. Dem Schaft entspricht ein Nietloch mit etwas größerem Durchmesser, das an den beiden äußersten Blechoberkanten entsprechend dem kegelförmigen Übergang *c* hohlkegelartig abgefaßt wird (Abb. 72).

Abb. 71 u. 72. Das Niet.



Die Länge *l* des Nietschaftes richtet sich nach der gesamten Dicke der zu verbindenden Teile und ist so zu bemessen, daß noch ein Stück von genügender Länge hervorragt, das zur Bildung des zweiten Kopfes, des Schließkopfes, dient. Die hierzu nötige, aus dem Nietloch hervorragende Länge des Schaftes beträgt ungefähr 1,5 des Schaftdurchmessers *d*. Das genauere Maß der hervorstehenden Schaftlänge ist ferner auch abhängig von der Gesamtblechstärke  $\delta$ ; denn durch die Ausstauchung des Nietloches und durch die Zusammenziehung bei der Abkühlung wird ein gewisser Teil des hervorstehenden Schaftendes aufgebraucht. Demgemäß wird als genaueres Maß für die Gesamtschaftlänge angegeben:

$$l = 1,1 \cdot \delta + 1,33 d. \quad (23)$$

Hiernach berechnet sich z. B. für  $\delta = 6$  cm und  $d = 2$  cm,  $l = 1,1 \cdot 6 + 1,33 \cdot 2 = 9,26$  cm.

Nach der Form der Nietköpfe unterscheidet man volle, halbversenkte und versenkte Nietköpfe. Die vollen und halbversenkten (erhabenen) Nietköpfe haben ungefähr die Gestalt eines Kugelabschnittes, während die versenkten Nietköpfe kegelförmig in die zu verbindenden Bleche versenkt sind.

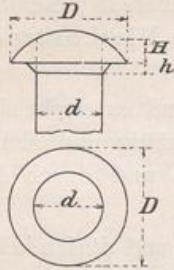
Sämtliche Nietköpfe müssen solche Abmessungen haben, daß ein Zerdrücken der Auflagerfläche und ein Abscheren des Kopfes in der Längsrichtung des Schaftes nicht eher eintreten kann, als ein Zerreißen des Nietschaftes. Aus der ersten Bedingung



ergibt sich, wenn der Durchmesser des Nietkopfes mit  $D$  (Abb. 73) bezeichnet wird, f ur die erhabenen Nietk opfe die Gleichung:

Abb. 73. Abmessungen des Nietkopfes.

$$\left(\frac{D^2 - d^2}{4}\right) \cdot \pi \cdot k_d = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s,$$



$k_d = k_s$ , folglich  $D = d \cdot \sqrt{2} = rd. \cdot 1,5d$ .

Ein Maß f ur die H ohe des Nietkopfes folgt aus der zweiten Bedingung:

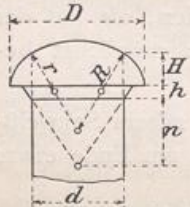
$$d \cdot \pi (H + h) \cdot k_s = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s.$$

F ur  $k_s = \frac{4}{5} k_z$  wird hiernach  $H + h = \frac{5}{16} d$ . In der Praxis w ahlt man etwas mehr und zwar  $H + h = \frac{1}{2} d$  und zwar

$$H = \frac{3}{8} d \text{ und } h = \frac{1}{8} d.$$

Abb. 74. Normalform des Nietkopfes.

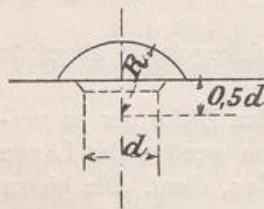
Als Normalform f ur erhabene Nietk opfe ist allgemein folgende Gestalt festgesetzt (Abb. 74):



$$\begin{aligned} D &= 1,5d \\ H &= \frac{3}{8}d \\ h &= \frac{1}{8}d \\ r &= 0,5d \\ R &= d \\ n &= \frac{3}{4}d. \end{aligned}$$

Zwecks Einzeichnen der Nietk opfe in die Konstruktionszeichnungen beschreibt man gew ohnlich einen Kreis mit einem Radius  $R = d$ , dessen Mittelpunkt um  $0,5d$  unter der Anlagefl ache des Kopfes liegt (Abb. 75). Im kleinen Maßstab wird die Versenkung nicht gezeichnet.

Abb. 75 Einzeichnen des Nietkopfes.

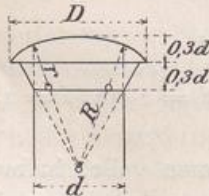
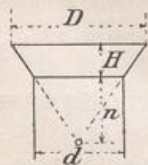


Versenkte Nietk opfe werden in einzelnen F allen n otig, wenn z. B. f ur die Ausbildung des erhabenen Nietkopfes kein Raum vorhanden ist, wie bei Unterlagsplatten f ur Auflager, bei Gleitfl achen usw. Sie sind wenn m oglich zu vermeiden, werden aber mitunter n otig. Der Kopf hat eine ebene Oberfl ache und ist in einen Hohlkonus des Bleches versenkt. Wenn der Schließkopf auch versenkt gebildet werden soll, dann wird das Material

des vorstehenden Nietschaftes in einen entsprechend gleichen Hohlkonus des Bleches zusammengestaucht; meist muß dann die Oberfl ache durch Abstemmen oder Abfeilen

Abb. 76. Versenkter Nietkopf.

Abb. 77. Halbversenkter Nietkopf.



noch nachgearbeitet werden. Ein gutes Nacharbeiten ist besonders dann erforderlich, wenn, wie bei Gleitfl achen, auf eine glatte Fl ache Wert zu legen ist. Die Abmessungen f ur den versenkten Nietkopf (Abb. 76) sind folgende:

$$\begin{aligned} D &= 1,5d \\ H &= \frac{3}{8}d; \quad n = \frac{3}{4}d \\ H &\text{ auch oft } = 0,4d \text{ bis } 0,5d. \end{aligned}$$

Halbversenkte Nietk opfe (Abb. 77) werden manchmal statt der erhabenen da ausgef uhrt, wo es sich darum handelt, bei sehr langen Nieten die Schaftl ange wegen der Zusammenziehung etwas zu verk urzen, ferner auch an Stelle von versenkten Nietk opfen, wenn die Oberfl ache nicht ganz eben sein muß, jedoch der Platz f ur einen vollen Nietkopf nicht ausreicht.



c) *Die Nietverbindungen.* Man unterscheidet einschnittige (Abb. 78 u. 79), zweischnittige (Abb. 80) und mehrschnittige Vernietungen, je nachdem bei einer etwaigen Zerstörung der Verbindung ein Niet in einem, zwei oder mehreren Querschnitten abgesichert werden würde.

Abb. 78 u. 79. Einschnittige Vernietungen.

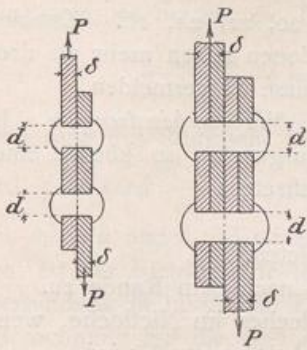


Abb. 80. Zweischnittige Vernietung.

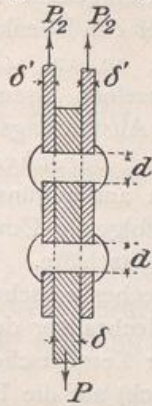
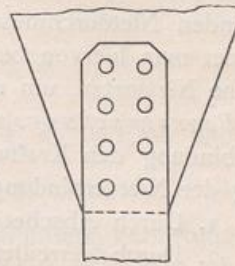


Abb. 81. Zweireihige Vernietung.



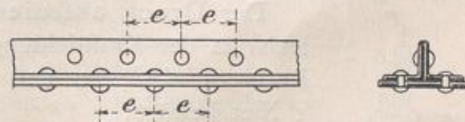
Die Anordnung der Niete wird je nach der Nietanzahl in einer Reihe oder in mehreren Reihen vorgenommen und man unterscheidet demgemäß einreihige und mehrreihige Vernietungen (Abb. 81). Viele Niete hintereinander in einer Reihe sind zu vermeiden, da sie dann nicht alle gleichgütig mitwirken; es ist deshalb bei einer großen Nietzahl die Anordnung in mehreren Reihen vorzuziehen.

Nach den Anforderungen, die an die Vernietungen gestellt werden, lassen sich die Niete einteilen in:

a) *Kraftniete*, die hauptsächlich Kräfte von einem Konstruktionsteil in den anderen zu übertragen haben. Man verwendet dabei starke Niete bei entsprechender Teilung. Die Anzahl der Niete ergibt sich durch Rechnung, der Abstand schwankt von  $2,5 d$  bis  $5 d$ .

β) *Heftniete* sollen nur das Zusammenhalten der verbundenen Teile eines Stabes oder Säule usw. bewirken und übertragen keine Kräfte; ein Zug- oder Druckstab z. B., der aus mehreren Teilen besteht, ist auf seine ganze Länge zu vernieten. Der Abstand der Niete wird im allgemeinen nicht durch Rechnung festgelegt, sondern ein verhältnismäßig weiter Nietabstand genommen, und zwar wählt man den Nietabstand für gedrückte Stäbe kleiner als für gezogene, um bei Druck ein Ausbeulen der einzelnen Teile zu verhindern. Auch bei Konstruktionsteilen, die der Witterung ausgesetzt sind, ist der Abstand der Heftniete nicht zu groß zu nehmen, damit die Feuchtigkeit nicht so leicht dazwischen treten kann, und die Rostbildung möglichst verhindert wird. Je nach den vorliegenden Verhältnissen schwanken die Abstände der Heftniete, wenn mit  $d$  der Nietbolzendurchmesser bezeichnet wird, zwischen  $6 d$  bis  $10 d$ . Der Abstand der Randniete vom Blechrande soll nicht größer als  $2,5 d$  bis  $2,8 d$  sein. Abb. 82 stellt die Vernietung eines Fachwerkstabes dar, der aus 2 Winkleisen und 1 Lamelle (Blech) zusammengesetzt ist.

Abb. 82. Vernietung eines Fachwerkstabes.



γ) *Verschlußniete* sollen eine vorwiegend dichte Verbindung abgeben und haben nur verhältnismäßig geringe Kräfte auszuhalten, wie z. B. bei Wasser- und Gasbehältern. Die Niete werden hierbei schwächer gewählt und enger gestellt als bei Kraftnietungen.



δ) Dampfkesselniete m ussen zugleich fest und dicht sein.

F ur die Eisenkonstruktionen des Hochbaues kommen nur die unter α) und β) genannten Niete in Betracht.

d) *Der Nietdurchmesser.* Die St arke der im Hochbau gew ohnlich zur Verwendung kommenden Eisensorten schwankt zwischen 0,5 und 1,3 cm und der Durchmesser der Niete wird bei Kraftnietungen meist ungef ahr gleich der doppelten Blechst arke gew ahlt, d. h.  $d = 2 \delta$ . Demgem a  kommen im Hochbau Nietdurchmesser zwischen 1 bis 2,6 cm vor. Die bei den Eisenkonstruktionen zu empfehlenden und vorkommenden Nietdurchmesser sind: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26. Zweckm a ig verwendet man hiervon bei den einzelnen Eisenkonstruktionen selten mehr als drei verschiedene Nietsorten, um unn otige Ausf uhrungerschwernisse zu vermeiden.

e) *Beanspruchungsarten und Berechnung der Nietverbindungen.* Ist die Nietverbindung den Kraftwirkungen am ung unstigsten ausgesetzt, so k onnte eine Zerst orung der Nietverbindung durch folgende Umst ande auftreten:

1. Durch Abscheren der Nietsch afte.
2. Durch Zerreißen des Bleches zwischen den Nieten.
3. Durch Aufreißen des Bleches vor den Nieten nach dem Rande zu.
4. Durch Aufstauchen oder Zerquetschen des Bleches im Nietloche, wenn der Druck (Lochleibungsdruck) auf die Fl acheneinheit zu groß wird.

Die Berechnung der Nietquerschnitte, der Nietabst ande, der Anzahl der Niete, sowie der kleinsten Abst ande vom Rand, muß so vorgenommen werden, daß f ur diese vier F alle vollkommene Sicherheit vorhanden ist. Hierbei wird zugunsten der Sicherheit auf die Reibung zwischen den Abscherungsfl achen der Bleche keine R ucksicht genommen.

Die Durchmesser oder die Anzahl der Niete sind so zu bemessen, daß einerseits die zul assige Abscherspannung in den Abscherungsquerschnitten der Niete nicht überschritten wird und andererseits kein Zerdr ucken in den Lochwandungen stattfindet. In Folgendem sei:

$d$  = Nietdurchmesser in cm.

$\delta$  = Blechst arke der zu verbindenden Teile, wobei bei verschiedenen Blechst arke die d unnere zu w ahlen ist.

$k_s$  = zul assige Scherspannung des Nietmaterials.

$k_L$  = zul assiger Lochleibungsdruck.

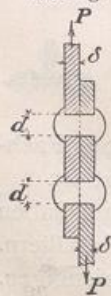
$P$  = maximale Kraft, die durch die Nietverbindung übertragen werden soll.

$n$  = erforderliche Nietanzahl.

Bei einschnittigen Vernietungen (Abb. 83) ergibt sich mit R ucksicht auf die Abscherung:

$$I. \quad n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s \geq P. \quad (24)$$

Abb. 83. Einschnittige Vernietung.



Im allgemeinen ist  $k_s = 0,8 k_s$ , doch wird bei Nieten manchmal auch  $k_s = k_s$  gesetzt, da f ur diese das beste Material zu verwenden ist.

Der Druck auf die Lochleibung wird auf die Projektion des Nietlochs in der Krafrichtung gleichm a ig verteilt angenommen, also auf ein Rechteck  $d \cdot \delta$ ; so daß der ganze zul assige Lochleibungsdruck f ur 1 Niet betr agt:

$$d \cdot \delta \cdot k_L.$$

Die Bedingungsgleichung f ur die Nietanzahl  $n$  ist also:

$$II. \quad n \cdot d \cdot \delta \cdot k_L \geq P. \quad (25)$$

F ur beide Bedingungen (Abscherung und Lochleibung) muß die Nietverbindung gen ugen, d. h. es ist die Berechnung nach beiden Gleichungen vor-



zunehmen, und zwar kann man  $d$  annehmen und das zugehörige  $n$  berechnen oder auch  $n$  annehmen und das zugehörige  $d$  berechnen.

Das erstere ist in den meisten Fällen zweckmäßiger. In diesem Fall ist also die Anzahl zu berechnen auf Abscherung und dann diejenige auf Lochleibung, und der größte Wert für  $n$  der Konstruktion zugrunde zu legen. Braucht man z. B. auf Lochleibung 3 und auf Abscherung 2 Niete, so sind mindestens 3 Niete zu wählen. Man gibt zur Sicherheit gewöhnlich 1 bis 2 Niete, bei größerem  $n$  oft auch noch mehr, zu.

Soll eine einschnittige Verbindung gleichfest gegen Lochleibungsdruck und Abscherung sein, so besteht die Bedingung:

$$n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s = n \cdot d \cdot \delta \cdot k_L \quad \text{oder} \quad \frac{d \cdot \pi}{4} \cdot k_s = \delta \cdot k_L.$$

Setzt man mit Rücksicht auf das gute Nietmaterial  $k_s = k$ ,  $k_L = 1,5 k$  und ferner  $\pi = \text{rd. } 3$ , so wird  $\frac{d \cdot 3}{4} = \delta \cdot 1,5$ , oder  $d = \frac{4}{3} \cdot 1,5 \delta$ , woraus sich ergibt  $d = 2 \cdot \delta$ .

Bei  $k_s = k$  und  $k_L = 1,5 k$  ( $k_s = 1,5 k_L$ ) gilt also für einschnittige Vernietungen folgendes: Ist der Nietdurchmesser gleich der doppelten Blechstärke, d. h.  $d = 2 \delta$ , so ist die Verbindung in bezug auf Lochleibung und Abscherung gleich gut; es ist dann nur eine Berechnung auf die eine Art nötig.

Ist  $d > 2 \delta$ , dann wird die Lochleibung den größten Wert für  $n$  ergeben und es genügt,  $n$  nur nach Gleichung II zu berechnen.

Ist  $d < 2 \delta$ , so hat man nur auf Abscherung nach Gleichung I zu berechnen. Sind die Blechstärken der zu verbindenden Teile verschieden, dann ist der kleinere Wert für  $\delta$  zugrunde zu legen.

Bei zweischnittigen Vernietungen wirken auf Abscherung zwei Querschnitte pro Niet also:

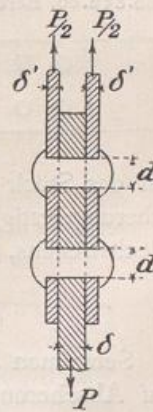
$$\text{I. } n \cdot \frac{2 d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s \geq P. \tag{26}$$

Auf Lochleibung ergibt sich, wenn  $\delta = 2 \delta'$  ist,

$$\text{II. } n \cdot d \cdot \delta \cdot k_L \geq P.$$

Ist die gesamte Blechstärke in der einen Krafrichtung nicht gleich der Blechstärke in der anderen Krafrichtung, so ist immer die schwächere dieser beiden Blechstärken in Gleichung II einzusetzen. Der größere, der aus den Gleichungen I und II sich ergebenden Werte für  $n$  ist maßgebend. Soll die zweischnittige Nietverbindung in bezug auf Abscherung und Lochleibung unter Voraussetzung von  $k_L = 1,5 k$  wieder gleich fest sein, so muß  $d = \delta = 2 \delta'$  gewählt werden und es ist dann nur nach einer der beiden Gleichungen zu rechnen. Bei  $d < \delta$  braucht nur auf Abscherung, bei  $d > \delta$  nur auf Lochleibung berechnet zu werden.

Abb. 84. Zweischnittige Vernietung.



Zusammenstellung.

Beanspruchung	Anzahl der Niete	
	bei einschnittiger Verbindung	bei zweischnittiger Verbindung
Auf Abscherung . . . . .	$n \geq \frac{4 P}{d^2 \cdot \pi \cdot k_s}$	$n \geq \frac{2 P}{d^2 \cdot \pi \cdot k_s}$
Auf Lochleibung . . . . .	$n \geq \frac{P}{d \cdot \delta \cdot k_L}$	$n \geq \frac{P}{d \cdot \delta \cdot k_L}$



Für  $\delta$  ist die kleinste gesamte Blechstärke in der einen oder anderen Krafrichtung einzusetzen.

Die folgenden Tabellen enthalten die Kräfte, die je ein Niet mit den verschiedenen Durchmessern auf Abscherung bzw. Lochleibung aufnehmen kann.

Tabelle für die Abscherungskraft für 1 Niet in Tonnen; für  $k_s = 1000 \text{ kg/qcm}$ .

Durchmesser in mm . . . . .	10	12	14	16	18	20	22	24	26
für einschnittiges Niet . . . . .	0,79	1,13	1,53	2,01	2,54	3,14	3,80	4,52	5,31
für zweischnittiges Niet . . . . .	1,58	2,26	3,06	4,02	5,08	6,28	7,60	9,04	10,62

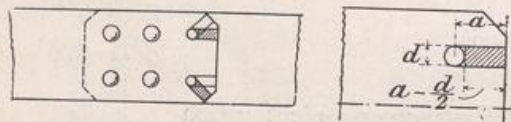
Aus diesen Werten lassen sich die zulässigen Nietkr fte für ein anderes  $k_s$  ohne weiteres berechnen, z. B. für  $k_s = 800 \text{ kg/qcm}$  sind die betreffenden Zahlen nur mit 0,8 zu multiplizieren.

Lochleibungsdruck-Kraft für 1 Niet in t für  $k_L = 1,5 k = 1500 \text{ kg/qcm}$ .

Durchmesser in mm. . . . .	10	12	14	16	18	20	22	24	26
für einschnittiges Niet mit $d = 2\delta$ . . .	0,75	1,08	1,47	1,92	2,43	3,00	3,63	4,32	5,07
für zweischnittiges Niet mit $d = \delta$ . . .	1,50	2,16	2,94	3,84	4,86	6,00	7,26	8,64	10,14

f) *Berechnung der Nietabst nde.* Die Entfernungen der einzelnen Niete voneinander, sowie vom Blechrande sind ebenfalls von Einfluß auf die Festigkeit der Nietverbindungen. Bei der Berechnung des Nietabstandes vom belasteten Rande, d. h. dem Rande senkrecht oder schräg zur Krafrichtung ist die Gefahr des Aufschlitzens des Bleches zu berücksichtigen. Diese Abstände müssen so groß sein, daß die hinter dem Niet liegenden Blechstreifen (in Abb. 85 u. 86 schraffiert) nicht herausgeschert werden. Bei der Berechnung auf Herausscheren der Blechstreifen wird nur

Abb. 85 u. 86. Berechnung des Nietabstandes vom Rand.

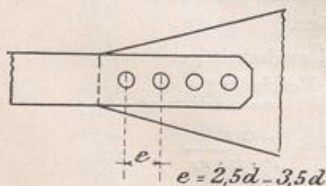


auf das Stück von der Länge  $a - \frac{1}{2}d$  (Abb. 86) Rücksicht genommen. Soll die Abscherungsfestigkeit des Nietes gerade so groß sein, wie diejenige des dahinter liegenden Blechstreifens, so muß sein:

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_{s\text{Niet}} = 2 \cdot (a - \frac{1}{2}d) \cdot \delta \cdot k_{s\text{Blech}} \tag{27}$$

Setzt man  $k_{s\text{Niet}} = k$ ,  $k_{s\text{Blech}} = \frac{4}{5}k$  und  $d = 2\delta$ , d. h. nimmt man gleiche Festigkeit auf Abscherung und Lochleibung an und ferner  $\pi = \text{rd. } 3$ , so ergibt sich  $a = 1,5d$ .

Abb. 87. Nietabstand in der Richtung der Kraft.



In der Regel wird  $a = 2d$  bis  $2,5d$  gewählt. Dasselbe Maß nimmt man auch für den Abstand vom unbelasteten Rande.

Bei der Berechnung des Nietabstandes der einzelnen Niete voneinander ist zu unterscheiden, ob nur eine oder mehrere Nietreihen vorhanden sind.

Bei einer Nietreihe (Abb. 87) ist ferner darauf Rücksicht zu nehmen, ob die Kraft in der Richtung der Nietreihe oder senkrecht zu ihr wirkt. Wirkt die Kraft in der Richtung der Nietreihe, so wird bei vielen Nieten hintereinander wegen der Elastizität



des Eisens die Kraftübertragung ungleichmäßig sein. Deshalb sind in der Regel nicht mehr als 5 bis 6 Niete hintereinander zu setzen. Die Entfernung der einzelnen Niete in der Längsachse wird hierbei zu rd.  $2,5d$  bis  $3,5d$  gewählt.

Wirkt die Kraft senkrecht zur Nietreihe (Abb. 88), so ergibt sich eine Bedingung für die Berechnung der Abstände dadurch, daß die Abscherfestigkeit der Niete ungefähr gleich der Festigkeit des durch die Niete geschwächten Blechquerschnitts sein soll. Die Abscherfestigkeit eines Niets muß also ungefähr gleich der Zugfestigkeit des Blechquerschnitts zwischen zwei Nietlöchern sein, d. h.

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s = (e - d) \cdot \delta \cdot k. \quad (28)$$

Für  $d = 2\delta$ , oder  $\delta = \frac{1}{2}d$ ,  $k_s = k$  und  $\pi = \text{rd. } 3$  ergibt sich hieraus  $e = 2,5d$ . Gewöhnlich  $e = \text{rd. } 3d$  ( $e = 2,5d$  bis  $3d$  bis  $3,5d$ ) gewählt.

Sind mehrere Nietreihen vorhanden, so müssen die Kräfte an jeder Stelle durch das Blech sicher aufgenommen werden können. Denkt man sich nach SCHWEDLER die Kraft eines jeden Niets durch einen, wie ein Seil um das betreffende Niet gelegten Blechstreifen von der Breite  $\beta$  aufgenommen, so müssen diese Streifen an jeder Stelle des Bleches untergebracht werden können, und die Breite des Bleches, die hierzu nötig wird, ist abhängig von der Streifenbreite  $\beta$ , sowie von der Anzahl der Niete in der ersten Reihe. Jeder Streifen muß eine Nietkraft aufnehmen können; seine Breite  $\beta$  bestimmt sich daher aus:

$$2\beta \cdot \delta \cdot k = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s; \quad (29)$$

für  $d = 2\delta$ ,  $k_s = k$  und  $\pi = \text{rd. } 3$  wird  $\beta = \frac{3}{4}d$ .

Die erforderliche Gesamtlechbreite wird also bei einer Anordnung mit einem Niet in der ersten Reihe (Abb. 89)

$$b = n \cdot 2\beta + d = n \cdot 2 \cdot \frac{3}{4}d + d = d \cdot (\frac{3}{2}n + 1);$$

bei mehr als 1 Niet in der ersten Reihe muß  $b$  größer sein, z. B. bei 3 Nieten (Abb. 90)

$$b = n \cdot 2\beta + 3d, \text{ oder für } \beta = \frac{3}{4}d \\ b = d(\frac{3}{2}n + 3).$$

Mit Rücksicht auf eine geringe erforderliche Blechbreite ist daher die Nietzahl in der ersten Reihe möglichst niedrig zu halten; hiermit ist gleichzeitig noch der Vorteil verbunden, daß eine geringere Nietzahl in der ersten Reihe eine geringere Querschnittschwächung bei gezogenen Stäben zur Folge hat.

Bei der Anordnung der Niete ist darauf zu achten, daß sie zur Krafrichtung symmetrisch sitzen zwecks Vermeidung exzentrischer Kraftangriffe. Die Entfernung der einzelnen Nietreihen voneinander wählt man gewöhnlich zu

Abb. 89. Gesamtlechbreite bei einem Niet in der ersten Reihe.

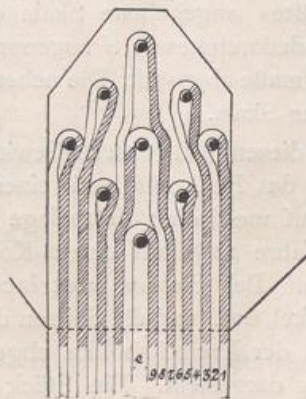
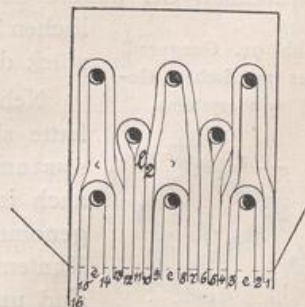
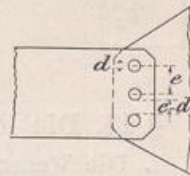


Abb. 90. Gesamtlechbreite bei drei Nieten in der ersten Reihe.



$$e_1 = 2,5d \text{ bis } 3,5d.$$

Abb. 88. Nietabstand bei einer Nietreihe senkrecht zur Kraft.





Den kleineren Wert kann man nehmen bei verschränkter Nietstellung (Abb. 91), den größeren bei Parallelstellung (Abb. 92).

Abb. 91. Verschränkte Nietstellung.

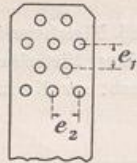
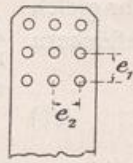


Abb. 92. Parallelstellung der Niete.



Der Nietabstand senkrecht zur Krafrichtung ( $e_2$ ) ist abhängig von der Anzahl der vorhin erwähnten Seilstränge, die zwischen den Nieten durchgeführt zu denken sind; diese Anzahl wächst mit der Anzahl der hintereinander befindlichen Nietreihen, desgleichen also auch der Nietabstand  $e_2$ . Als Mittelwert wird für einfache Stabanschlüsse eingeführt

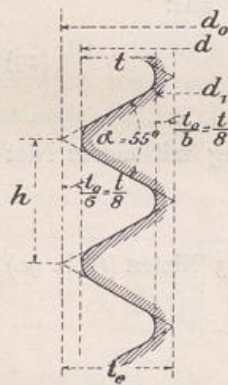
$$e_2 = 3d \text{ bis } 3,5d.$$

Ebenso groß kann auch der schräge Abstand für Nieten bei verschränkter Stellung gewählt werden.

### § 14. Die löslichen Verbindungsmittel.

**1. Die Verschraubungen.** Als lösliche Verbindungsmittel für Bauzwecke kommen von den Schrauben nur die scharfgängigen und eingängigen in Anwendung, d. h. solche, bei denen der Gewindequerschnitt dreieckig ist und bei denen bei einer Umdrehung der in der Richtung der Achse zurückgelegte Weg gleich der Ganghöhe des Gewindes ist. Flachgängige Schrauben, d. h. solche mit rechteckigem Querschnitt spielen beim Bauwesen keine Rolle und sollen deshalb hier nicht besprochen werden.

Abb. 93. Gangprofil des WITWORTH-Gewindes.

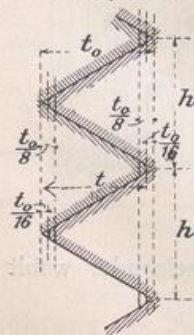


Für die scharfgängigen Schrauben, die Befestigungsschrauben, ist als Schraubensystem das WITWORTHSche noch meistens eingeführt. Bei diesem WITWORTH-Gewinde bilden die Gewinde-Querschnitte gleichschenklige Dreiecke, die an der Spitze sowie am Grunde je um ein Sechstel ihrer Höhe abgerundet sind; der Kantenwinkel beträgt  $55^\circ$ . Das Gangprofil ist durch Abb. 93 dargestellt. Hierin bedeutet:

$d_0$  den Bolzendurchmesser,  $d$  den äußeren Gewindedurchmesser,  $d_1$  den inneren Gewinde- oder Kerndurchmesser,  $t$  die Gewindetiefe,  $h$  die Ganghöhe und  $\alpha$  den Kantenwinkel.

Für die auch in der »Hütte« angegebene Skala des WITWORTH-Gewindes ist als Grundmaß der äußere Gewindedurchmesser  $d$  angenommen und dieser nach dem englischen Zollmaße abgestuft. Die nebenstehende Tabelle I gibt ein Bruchstück dieser Skala.

Abb. 94. Gangprofil des metrischen Gewindesystems.



Neben diesem WITWORTH-Gewinde auf englischer Zollgrundlage hatte sich das Bedürfnis nach einem internationalen Gewindesystem auf metrischer Grundlage geltend gemacht, und es wurde auch im Jahre 1898 auf einem Kongreß in Zürich ein solches angenommen. Bei diesem metrischen Gewindesystem ist der Kantenwinkel  $60^\circ$ , und die Spitzen der gleichseitigen Gewindedreiecke sind um  $\frac{1}{8}$  der Dreieckshöhen abgeschnitten. Das Gangprofil ist in Abb. 94 dargestellt. Ein Stück der Skala ist aus Tabelle II auf folgender Seite ersichtlich.

Auf die anderen Gewindearten kann Raummangels wegen hier nicht näher eingegangen werden.



Tabelle I: Witworthsches Gewinde.

(Gewindequerschnitt s. Abb. 93.)

Äußerer Durchmesser des Gewindes $d$	Kern-		Anzahl der Gewindegänge		Höhe der Mutter, abgerundet	Höhe des Kopfes, abgerundet	Schlüsselweite, abgerundet $S_0$	$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d_1^2 \cdot k_z$ , wenn in kg/cm,		
	Durchmesser $d_1$	Querschnitt $\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}$	auf einen engl. Zoll	auf die Länge $d$	$h_1$	$h_0$		$k_z = 480$	$k_z = 600$	
engl. Z.   mm	mm	qcm			mm	mm	mm	kg	kg	
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	
1½	38,10	32,68	8,388	6	9	38	27	58	4 030	5 030
1¾	41,27	34,77	9,495	5	8½	41	29	63	4 560	5 700
1⅝	44,45	37,94	11,31	5	8¾	44	32	67	5 430	6 780
1⅞	47,62	40,40	12,82	4½	8⅞	48	34	72	6 150	7 690
2	50,80	43,57	14,91	4½	9	51	36	76	7 160	8 950
2¼	57,15	49,02	18,87	4	9	57	40	85	9 060	11 320
2½	63,50	55,37	24,08	4	10	64	45	94	11 560	14 450
2¾	69,85	60,55	28,80	3½	9¾	70	49	103	13 820	17 280
3	76,20	66,90	35,15	3½	10½	76	53	112	16 870	21 090
3¼	82,55	72,57	41,36	3¼	10⅞	83	58	121	19 850	24 820
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·

Tabelle II: Internationales Gewindesystem.

(Gewindequerschnitt s. Abb. 94.)

Äußerer Gewindedurchmesser $d$	Kern-durchmesser $d_1$	Ganghöhe $h$	Gangtiefe $t$	Schlüsselweite $D$
mm	mm	mm	mm	mm
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·
12	9,54	1,75	1,23	21
14	11,19	2	1,405	23
16	13,19	2	1,405	26
18	14,48	2,5	1,76	29
20	16,48	2,5	1,76	32
22	18,48	2,5	1,76	35
24	19,78	3	2,11	38
27	22,78	3	2,11	42
30	25,08	3,5	2,46	46
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·

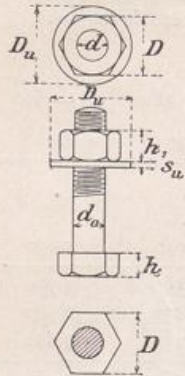
Die Schrauben können je nach der Art der Verwendung und der entsprechenden Ausbildung eingeteilt werden in:

- a) Die Schraubenbolzen und Abarten derselben.
- b) Die Steinschrauben.
- c) Die Ankerschrauben und Spannschlösser.
- d) Die Stehbolzenschrauben und e) Die Gelenkbolzen.



a) Die Schraubenbolzen bestehen in der Hauptsache aus zwei Teilen, dem eigentlichen Bolzen und der Schraubenmutter. Der Bolzen ist gewöhnlich zylindrisch und

Abb. 95 bis 97.  
Schraubenbolzen.



hat an dem einen Ende einen Kopf, während auf das andere Bolzenende das Gewinde eingeschnitten ist, auf das die Schraubenmutter aufgedreht werden soll (Abb. 95 bis 97). Wenn auf ein festes Anpressen in den Lochwandungen besonders Wert zu legen ist, so wird in der Regel der Bolzen konisch ausgebildet mit einem Anzug von 1:40 bis 1:100; hierbei kann dann der Kopf in kleineren Abmessungen gehalten werden oder auch ganz fehlen. Diese konischen Schraubenbolzen finden sehr oft zweckmäßige Verwendung, wenn Niete durch Schrauben ersetzt werden sollen, wobei es auf eine möglichst vollkommene Ausfüllung des Nietloches ankommt.

Die auf das Gewinde aufzusetzende Schraubenmutter hat im Grundriß meist die Gestalt eines regelmäßigen Sechsecks, dessen eingeschriebener Kreis in der Regel den Durchmesser  $D = 0,5 + 1,4d$  erhält, wo  $d$  der äußere Gewindedurchmesser ist. Dieses Maß  $D$  bezeichnet man auch als Schlüsselweite. Bis zu dem eingeschriebenen Kreis ist die Mutter meist kugelförmig abgedreht, wodurch eine ringförmige Aufsitzfläche mit geringerem Bewegungswiderstand erzielt wird. Um diese Aufsitzfläche noch zu vergrößern und eine bessere Druckübertragung zu erhalten, wird die Schraubenmutter meist auf eine Unterlagsscheibe aufgelegt; hauptsächlich dann, wenn das Material des verschraubten Gegenstandes weicher ist als das der Mutter oder auch, wenn die Oberfläche des Materials uneben und rauh ist. Der Durchmesser  $D_u$  dieser meist ringförmigen Unterlagsscheibe und ihre Stärke  $s_u$  richten sich nach der Härte des verschraubten Materials. So wählt man z. B.:

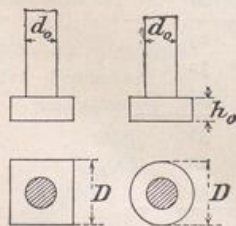
Bei Eisen  $D_u = 1\frac{1}{3}D$  und  $s_u = 0,2 \text{ cm} + 0,1d$  oder auch  $= 0,1D$ .

Bei Holz oder Stein  $D_u = 3d$  oder  $\sim 2D$  und  $s_u = 0,2 \text{ cm} + 0,2d$ .

Bei schiefen Anlageflächen, wie z. B. bei Flanschen von Profileisen (C- und I-Eisen) sind entsprechende schiefe Unterlagsscheiben zu verwenden, so daß die Schraubenmutter bzw. der Kopf mit ihrer ganzen Aufsitzfläche anliegen.

Die Höhe der Schraubenmutter wird je nach der Beanspruchung der Schraube verschieden gewählt (s. Berechnung der Schraubenabmessungen).

Abb. 98 bis 101. Kopf der Schraubenbolzen.



Um ein unvorhergesehenes, unbeabsichtigtes Lösen der Schraubenverbindung zu verhindern, bringt man öfters Sicherungen gegen ein solches Lösen an. Diese Schraubensicherungen können auf verschiedene Arten vorgesehen werden; die älteste und noch heute meist gebräuchlichste Sicherung besteht in der Verwendung der sog. Gegenmutter, die kleinere Abmessungen als die eigentliche Schraubenmutter erhalten kann. Ein anderes Sicherungsmittel ist der Splint, der entweder durch die Mutter und den Bolzen oder unmittelbar vor der Mutter durch den Bolzen hindurchgesteckt wird. Auf diese Schraubensicherungen ist jedoch nur da Wert zu legen, wo durch Erschütterungen usw. eine selbsttätige Lösung der Schraubenverbindung möglich ist. Sie haben also für unsere Eisenkonstruktionen des Hochbaues meist keine Bedeutung.

Die Köpfe der Schraubenbolzen werden in verschiedenen Formen hergestellt, zylindrisch (Abb. 101), quadratisch (Abb. 99) oder sechseckig. Die Kopfhöhe (Abb. 100) wird gewöhnlich  $h_o = 0,7d$  bis  $0,5D$  gewählt, wobei  $D$  die Schlüsselweite der Mutter und zugleich des Kopfes bedeutet.



Werden mehrere Schrauben nebeneinander verwendet, so ist die Entfernung der Schrauben nicht geringer als  $3,5d$  bis  $4d$  zu nehmen, damit zum Anziehen der Schrauben genügend Raum vorhanden ist.

Bei der Berechnung der Schraubenabmessungen sind je nach der Beanspruchungsweise verschiedene Fälle zu unterscheiden:

1. Der Bolzen wird nur auf Abscherung beansprucht; in diesem Falle gelten für den Durchmesser des Bolzens genau dieselben Berechnungsweisen wie für die Nietdurchmesser.

Die Schraubenmutter ist dann unbelastet und erhält gewöhnlich eine Höhe von  $0,5d$  bis  $d$ .

2. Der Bolzen hat reinen Zug auszuhalten; z. B. wenn ein Schraubenbolzen in der Richtung seiner Achse beansprucht wird, nachdem die Schraubenmutter angezogen ist.

Ist  $P$  die Last in der Richtung der Schraubenachse in kg,  $d_1$  der Kerndurchmesser in cm,  $d$  der äußere Gewindedurchmesser in cm und  $k_z$  die zulässige Beanspruchung des Bolzenmaterials in kg/qcm, so gilt die Gleichung

$$P = \frac{d_1^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z,$$

woraus sich ergibt

$$d_1 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{P}{k_z}}. \quad (30)$$

Der äußere Gewindedurchmesser ( $d$ ) ist ungefähr gleich 0,8 des Kerndurchmessers  $d_1$  und hiernach kann eine entsprechende Schraube aus der Tabelle gewählt werden. Für  $k_z$  können je nach der Güte der Schraube folgende Werte eingeführt werden:

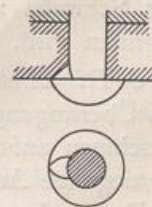
Bei ruhender Belastung  $k_z = 800$  bis  $1000$  kg/qcm,  
bei wechselnder Belastung  $k_z = 600$  bis  $800$  kg/qcm.

Die Höhe  $h_1$  der Schraubenmutter berechnet sich mit Rücksicht auf die im Gewinde auftretenden Biegungs- und Schubspannungen und schwankt je nach der Art der Belastung und Güte des Materials von  $h_1 = d$  bis  $h_1 = D$ , wenn  $D$  die Schlüsselweite bedeutet. Für den Kopf genügt eine Höhe von  $h_0 = 0,7d$  oder auch rund  $0,5D$ .

3. Der Bolzen hat eine Achsialkraft aufzunehmen und ist gleichzeitig auf Verdrehung beansprucht. Eine solche Belastung des Schraubenbolzens liegt vor, wenn die Schraube während ihrer achsialen Beanspruchung angezogen wird. Die durch diese Belastungsweise bedingte Berechnung ergibt, daß die zulässige achsiale Belastung einer solchen Schraube rund  $\frac{3}{4}$ mal so groß ist, als bei den unter 2. behandelten Schrauben. Die Berechnung kann also erfolgen, indem man eine  $\frac{4}{3}$ mal so große Achsialkraft zugrunde legt und nach Fall 2 rechnet, oder auch man rechnet nach Fall 2 mit einer zulässigen Beanspruchung  $k_z$ , die  $\frac{3}{4}$  derjenigen unter 2. ist. Die Höhe der Schraubenmutter sowie die des Kopfes können wie unter 2 gewählt werden.

Bei den Schraubenverbindungen kommen ebenfalls, wie bei den Vernietungen, in besonderen Fällen Bolzen mit versenkten Köpfen zur Verwendung. Hierbei muß selbstredend eine Vorkehrung gegen Drehen beim Anziehen getroffen werden, was auch für runde Schraubenköpfe gilt (Abb. 102). Von einer solchen Vorkehrung kann abgesehen werden, wenn der Bolzen schon durch die Reibung in den Lochwandungen gegen Drehen gesichert ist. Dies gilt z. B. für an Stelle von Nieten verwendete Schraubenbolzen, da bei solchen eine vollständige Ausfüllung des Nietloches und somit ein festes Anliegen an den Lochwandungen aus

Abb. 102. Vorkehrung gegen ein Drehen beim Anziehen der Schraube.





Festigkeitsgründen erforderlich ist. Solche Schraubenbolzen werden in der Regel etwas konisch hergestellt und in die entsprechend konisch ausgeriebene Nietlöcher eingetrieben.

Unter Umständen kann es auch vorkommen, daß Kopf und Schraubenmutter versenkt anzuordnen sind; die Mutter muß dann so ausgebildet werden, daß ein Anziehen

Abb. 103 bis 105. Kopf und Schraubenmutter versenkt.

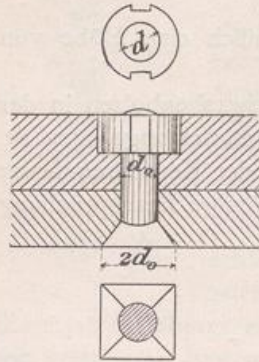


Abb. 106. Stiftschraube.

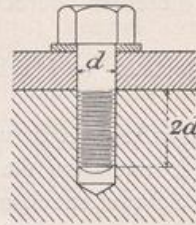
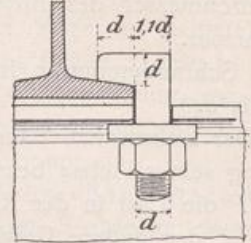


Abb. 107. Hakenschraube.



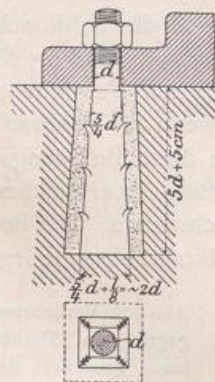
mit einem entsprechenden Schlüssel möglich ist. Abb. 103 bis 105 stellen eine Anordnung mit versenktem Kopf und versenkter Mutter dar.

Stiftschraube ist eine Abart von Schraubenbolzen, bei der die Schraubenmutter fehlt; das zugehörige Muttergewinde ist in den einen Konstruktionsteil eingeschnitten (Abb. 106).

Als weitere Abart der Schraubenbolzen ist noch die Hakenschraube zu nennen, bei der an Stelle des Kopfes ein Haken ausgebildet ist, der den zu verbindenden Konstruktionsteil seitlich übergreift und dessen Festhalten bezweckt (Abb. 107).

b) Die Steinschraube dient zur Verbindung von Eisenteilen mit Werksteinen, Quadern usw. Sie hat meist die Gestalt von konischen Schraubenbolzen ohne Kopf und wird mittels Zement, Gips oder Blei in die Steine eingebettet.

Abb. 108. Steinschraube.



Um ein Herausreißen zu vermeiden, wird das Loch im Stein ebenfalls konisch gestaltet, d. h. nach außen verjüngt, und der Bolzen meist noch mit Widerhaken (Einkerbungen) versehen. Das Loch im Stein muß natürlich außen weit genug sein, um den Bolzen mit seinen Widerhaken durchstecken zu können. Der Schaft trägt an dem hervorstehenden Ende ein Gewinde, auf das eine Schraubenmutter aufgedreht wird; der eingebettete Teil des Schaftes kann quadratisch oder auch rund ausgebildet werden. Empfehlenswerte Abmessungen sind in Abb. 108 angegeben. Ein Festkeilen des Bolzen vor dem Ausgießen des Loches ist sehr empfehlenswert, damit dieser während des Erhärtens der Ausgußmasse in unveränderter Lage bleibt und so ein festes Einbetten erzielt wird. Die Verwendung

von Schwefel zum Vergießen ist zu verwerfen, da durch diesen das Eisen stark angegriffen wird.

c) Die Ankerschraube wird an Stelle der Steinschraube verwendet, wenn es sich um Übertragung gr o erer Kräfte in das Mauerwerk handelt; z. B. bei Verankerung von Maschinen auf ihren Fundamenten, von Lagern für Brücken und Eisenkonstruktionen, die negative Auflagerkräfte zu übertragen haben usw.

Der Ankerbolzen überführt die Kraft nach einer tieferliegenden Ankerplatte, die dann den Druck auf eine gr o ere Fläche des Mauerwerks verteilt. Die Gr o e der Ankerplatte ist so zu berechnen, daß die zulässige Beanspruchung des Steinmaterials



nicht überschritten wird. Ist die große Ankerkraft  $P$ , so ergibt sich die Anlagefläche der Ankerplatte

$$F = \frac{P}{k}, \quad (31)$$

wobei  $k$  die zulässige Druckbeanspruchung des Mauerwerks ist.  $k$  kann gesetzt werden: für Ziegelmauerwerk gleich 7–14 kg/qcm, für Quadermauerwerk 20 kg/qcm und mehr, je nach der Güte der betreffenden Materialien. Der Durchmesser  $d_z$  des Ankerbolzens ist zu berechnen aus der Formel

$$\frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z = P,$$

aus der sich ergibt

$$d_z = 1,13 \sqrt{\frac{P}{k_z}}. \quad (32)$$

Ist an den Ankerbolzen eine Schraube angeschnitten, so ist  $d_z$  maßgebend für den Nettoquerschnitt des Bolzens, d. h. für den Kerndurchmesser der Schraube.

Soll in bezug auf Zerdrücken des Steines sowie auf Zerreißen des Bolzens ungefähr gleiche Festigkeit vorhanden sein, so bestehen zwischen der Größe der Ankerplatte und des Ankerbolzens folgende Beziehungen:

$$F \cdot k = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z, \quad \text{oder} \quad F = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot \frac{k_z}{k}. \quad (33)$$

Bei einer quadratischen Ankerplatte mit der Seitenlänge  $a$  wird also:

$$a = d_z \sqrt{\frac{k_z \cdot \pi}{k} \cdot \frac{\pi}{4}},$$

und für runde Platten mit dem Durchmesser  $D$ :

$$\frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot k = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z, \quad \text{oder} \quad D = d_z \cdot \sqrt{\frac{k_z}{k}}.$$

Für Ziegelmauerwerk mit einem Mittelwert  $k = 8$  kg/qcm ergibt sich bei  $k_z = 1000$  kg/qcm die Seitenlänge einer quadratischen Ankerplatte

$$a_{\text{cm}} = d_z \sqrt{\frac{1000 \cdot \pi}{8} \cdot \frac{\pi}{4}} = \text{rund } 10 d_z,$$

der Durchmesser einer kreisrunden Ankerplatte

$$D = d_z \sqrt{\frac{1000}{8}} = \text{rund } 11 d_z.$$

Für Quadermauerwerk mit einem Mittelwert von  $k = 20$  kg/qcm wird die Seitenlänge einer quadratischen Ankerplatte

$$a = d_z \sqrt{\frac{1000 \cdot \pi}{20} \cdot \frac{\pi}{4}} = \text{rund } 6 d_z$$

und der Durchmesser einer kreisrunden Ankerplatte

$$D = d_z \sqrt{\frac{1000}{20}} = \text{rund } 7 d_z.$$

Als Stärke der Ankerplatte in der Mitte wähle man bei kreisrunder Platte  $\delta = 1,4 d_z$ , bei quadratischer  $\delta = 1,5 d_z$ . Diese Stärken der Ankerplatten werden genau so berechnet wie die der Auflagerplatten von Trägern, die später behandelt werden; die obigen Werte  $\delta$  ergeben sich, wenn man in diese Berechnung wieder die Beziehungen für gleiche Festigkeit der Ankerplatten und des Ankerbolzens einführt. Die Plattenstärke in der Mitte kann nach dem Rande zu allmählich bis auf  $0,5 d_z$  abnehmen, jedoch wählt man die Randstärke zweckmäßig nie kleiner als 2 cm.







trägt ein Rechtsgewinde, das andere ein Linksgewinde; entsprechend ist natürlich auch die Muffe mit einem Rechts- und Linksgewinde versehen. Die Muffe kann verschiedene Ausbildungen erhalten, sie kann rund, sechseckig oder achteckig und geschlossen oder offen gehalten werden. Ihr Durchmesser wird gewöhnlich gleich  $2d$  gewählt, ihre Länge gleich  $6d$  bis  $7d$ , wobei  $d$  = äußerer Gewindedurchmesser.

Die offene Muffe (Abb. 120 bis 127) hat gegenüber der geschlossenen den Vorteil, daß man die eingedrehte Länge des Gewindes leicht erkennen kann. Der Durchmesser

Abb. 120 bis 123. Zugstange mit offener Muffe und Aufhängung.

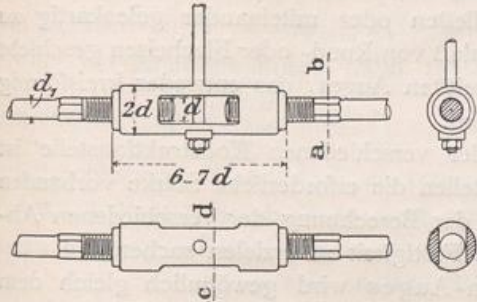
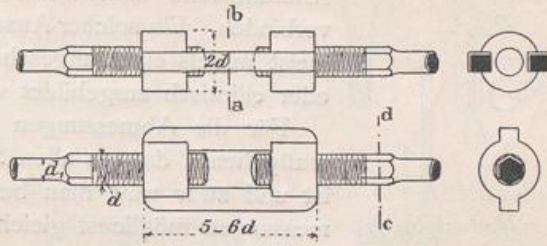


Abb. 124 bis 127. Zugstange mit offener Muffe.



des Gewindegewindes wird gewöhnlich gleich demjenigen der Zugstange gemacht, um den Querschnitt der Zugstange möglichst auszunutzen. Bei runder Zugstange ist es empfehlenswert, seitlich vom Gewinde ein quadratisches oder sechseckiges Stück (Abb. 120 bis 127) auszuarbeiten, damit beim Drehen der Muffe ein gutes Gegenhalten gegen ein Verdrehen der Stange möglich ist. Um bei großen Spannweiten der Zugstange ein Durchhängen zu vermeiden wird die Muffe meist zum Aufhängen eingerichtet.

Abb. 120 bis 123 zeigen eine offene runde Muffe mit Aufhängevorrichtung und Abb. 124 bis 127 eine besondere Ausbildung einer offenen Muffe.

Abb. 128 u. 129 stellen eine runde geschlossene Muffe dar, die nicht in der Mitte, sondern nahe am Ende der Zugstange eingefügt ist.

d) Die Stehbolzenschrauben werden verwendet, wenn zwei Konstruktionsteile in bestimmtem Abstände voneinander gehalten werden sollen. Als Distanzstück kann entweder ein um den Schraubenbolzen gestecktes Stück Gasrohr Verwendung finden (Abb. 130), oder der Bolzen kann gleichzeitig als solches dienen, indem er entsprechend ausgebildet wird. So ist z. B. bei der in Abb. 131 dargestellten Anordnung das Schraubengewinde auf eine genaue Länge

Abb. 128 u. 129. Geschlossene Muffe.

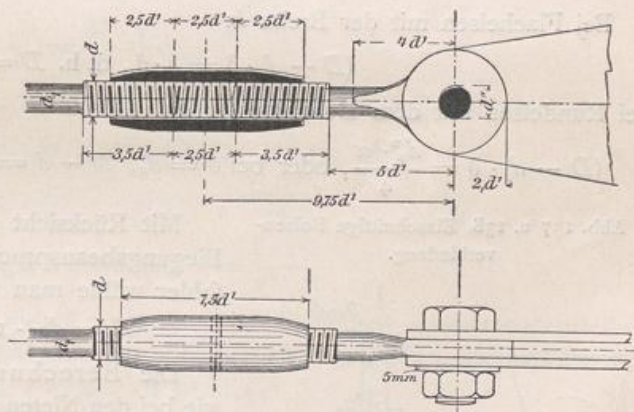
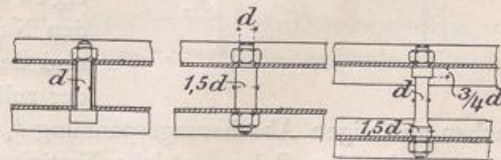


Abb. 130 bis 132. Stehbolzenschrauben.



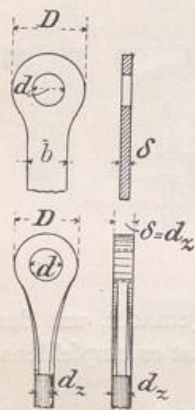


stark eingeschnitten, w ahrend in Abb. 132 eine entsprechende Verst arkung des Bolzens vorgenommen wurde, so daß der Bolzen in beiden F allen zwei Anlagefl achen in bestimmtem Abstand aufweist. Bei der Anordnung in Abb. 130 ist nur eine Schraubenmutter erforderlich, w ahrend bei den beiden anderen an jedem Ende des Bolzens eine Schraubenmutter aufgedreht werden muß.

e) Die Gelenkbolzen-Verbindungen spielten früher bei den Fachwerks-Konstruktionen eine bedeutende Rolle; doch ist man heute von der allgemeinen Verwendung der Gelenkbolzen zur Fachwerksbildung aus verschiedenen Gr unden (vgl.

§ 18,2) abgekommen. Bei den Hochbaukonstruktionen dienen Gelenkbolzen haupts achlich dazu, Zugstangen aus Flach- oder Rundeisen an Knotenbleche usw. anzuschließen oder miteinander gelenkartig zu verbinden. Ein solcher Anschluß von Rund- oder Flacheisen geschieht meist mittels eines angeschweißten Auges, das entweder kreisf ormig oder elliptisch ausgebildet wird.

Abb. 133 bis 136. Ausbildung des Bolzen-Auges.



F ur die Abmessungen der verschiedenen Konstruktionsteile ist maßgebend, daß an allen Stellen die erforderliche St arke vorhanden ist und zwar wird man bei der Berechnung der verschiedenen Abmessungen m oglichst gleiche Festigkeit zu erzielen suchen.

Die St arke des Bolzen-Auges wird gew ohnlich gleich dem 1,1fachen der Stabst arke gew ahlt, doch wird auch öfters der einfacheren Ausbildung halber eine geringere St arke vorgezogen. W ahlt man die St arke des Auges gleich der Dicke der Zugstange, so ergeben sich f ur den äußeren Durchmesser D des Auges (Abb. 133 bis 136) folgende Werte:

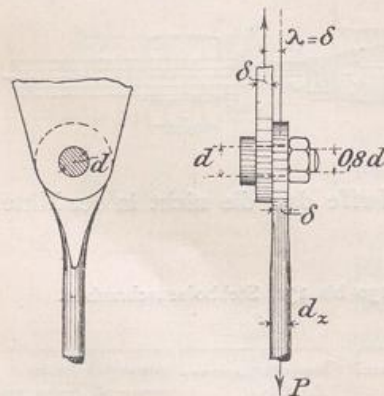
Bei Flacheisen mit der Breite b:

$$(D - d) \cdot \delta = b \cdot \delta, \text{ d. h. } D = b + d;$$

bei Rundeisen mit dem Durchmesser  $d_z$ ,

$$(D - d) \cdot \delta = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4}, \text{ oder bei } \delta = d_z, D - d = \frac{d_z \cdot \pi}{4}, \text{ oder } D = d + 0,8 \cdot d_z.$$

Abb. 137 u. 138. Einschnittige Bolzenverbindung.



Mit R ucksicht auf die gleichzeitig auftretenden Biegungsbeanspruchungen und eventuelle Arbeitsfehler w ahle man f ur beide F alle

$$D = d + 1,5b \text{ bzw. } D = d + 1,5d_z. \quad (34)$$

Die Berechnung der Gelenkbolzen erfolgt wie bei den Nieten auf Abscherung und Lochleibungsdruck; man unterscheidet auch hierbei einschnittige und mehrschnittige Verbindungen, je nachdem der Bolzen in einem oder in mehreren Querschnitten auf Abscherung beansprucht wird. Die einschnittigen Bolzenverbindungen (Abb. 137 u. 138) haben den Nachteil der exzentrischen Kraft ubertragung und sind deshalb nach M oglichkeit zu vermeiden. Wird der zul assige Lochwandungsdruck  $k_L$  gleich der zwei-

fachen zul assigen Abscherungsspannung  $k_s$  angenommen, so ist, wie bei den Nietverbindungen, f ur den Bolzen gleiche Festigkeit auf Abscherung und Lochwandungsdruck vorhanden, wenn bei einschnittiger Verbindung  $d = 2\delta$  und bei zweischnittiger Verbindung  $d = \delta$  ist. Einschnittige Verbindungen, bei denen  $d$  gr o er als  $2\delta$  ist, sind auf



Lochleibungsdruck, solche mit  $d$  kleiner als  $2\delta$  auf Abscherung zu berechnen; zweischnittige Verbindungen sind zu rechnen auf Abscherung, wenn  $d$  kleiner als  $\delta$  und auf Lochleibung, wenn  $d$  größer als  $\delta$  ist. Hierbei ist  $k_L = 1,5 \cdot k_s$  angenommen, und bei gutem Bolzenmaterial kann man setzen  $k_s = 1000 \text{ kg/qcm}$ ,  $k_L = 1500 \text{ kg/qcm}$ . Will man mit den Beanspruchungen, besonders mit  $k_s$ , nicht so hoch gehen und andre Werte einführen, so berechnet sich der Bolzendurchmesser nach den Formeln:

Für einschnittige Bolzen (Abb. 137 u. 138):

$$\text{auf Abscherung } \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s \geq P, \quad (35)$$

$$\text{auf Lochleibung } d \cdot \delta \cdot k_L \geq P, \quad (36)$$

für zweischnittige Bolzen (Abb. 139 u. 140):

$$\text{auf Abscherung } \frac{2d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s \geq P, \quad (37)$$

$$\text{auf Lochleibung } d \cdot \delta' \cdot k_L \geq P \text{ bzw. } d \cdot 2\delta \cdot k_L \geq P. \quad (38)$$

Wenn die Bolzenverbindung nicht genau bearbeitet ist, so tritt neben der Abscherung noch Biegung auf und zwar kann man das Biegemoment ungünstigstenfalls setzen:

für einschnittige Bolzen  $M = P \cdot \lambda$  (Abb. 138),

für zweischnittige Bolzen  $M = \frac{P}{2} \cdot \lambda'$  (Abb. 140).

Das Widerstandsmoment des kreisrunden Bolzens ist:

$$W = \frac{J}{\frac{1}{2}d} = \frac{d^4 \cdot \pi \cdot 2}{64 \cdot d} = \frac{d^3 \cdot \pi}{32},$$

$$\text{also die Biegungsspannung: } \sigma_b = \frac{M}{W} = \frac{M \cdot 32}{d^3 \cdot \pi}.$$

Die Schubspannung des in der Nähe befindlichen Abscherungs-Querschnitts ist:

$$\text{Bei einschnittiger Verbindung } \tau = \frac{P}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = \frac{4P}{d^2 \cdot \pi}.$$

$$\text{Bei zweischnittiger Verbindung } \tau = \frac{2P}{d^2 \cdot \pi}.$$

Nimmt man diese Spannungen  $\sigma_b$  und  $\tau$  zugunsten der Sicherheit in ein und demselben Querschnitt als gleichzeitig auftretend an, so ergibt sich als resultierende Beanspruchung:

$$\sigma_{\max} = \frac{3}{8} \sigma_b + \frac{5}{8} \cdot \sqrt{\sigma_b^2 + 4\tau^2}. \quad (39)$$

Wenn mit diesem ungünstigsten Werte gerechnet wird, so kann bei gutem Flußeisen  $\sigma_{\max} = 1300$  bis  $1350 \text{ kg/cm}^2$  gewählt werden; bei Stahl könnte noch höher, bis zu  $1600 \text{ kg/cm}^2$  gegangen werden.

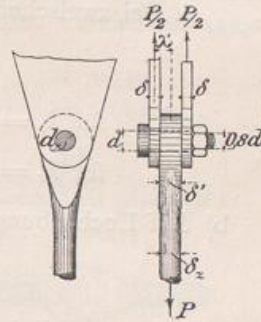
Die Stärke des Gelenkbolzens kann auch in bezug auf den Querschnitt der Zugstange berechnet werden, wenn deren Abmessung nach der aufzunehmenden Kraft dimensioniert wurde. Ist z. B. für die Zugstange ein Rundeisen mit dem Durchmesser  $d_z$  erforderlich, so berechnet sich das Verhältnis des Bolzendurchmessers zu demjenigen der Zugstange wie folgt:

a) Auf Abscherung.

1. Bei einschnittiger Verbindung (Abb. 137 u. 138)

$$\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z, \quad (40)$$

Abb. 139 u. 140. Zweischnittige Bolzenverbindung.





worin  $k_s$  = zulässige Schubspannung des Bolzens,  
und  $k_z$  = zulässige Zugspannung der Zugstange

für  $k_s = k_z$  wird:  $d^2 = d_z^2$  und  $d = d_z$ ;

>  $k_s = 0,8 k_z$  wird:  $0,8 d^2 = d_z^2$  und  $d = \frac{d_z}{\sqrt{0,8}}$ , oder  $d = \frac{d_z}{0,9} = 1,1 d_z$ .

2. Bei zweischnittiger Verbindung (Abb. 139 u. 140)

$$2 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z, \tag{41}$$

für  $k_s = k_z$  ist  $2 d^2 = d_z^2$  und  $d = d_z \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} = 0,72 d_z$ ,

für  $k_s = 0,8 k_z$  ist  $\frac{2 d^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0,8 k_z = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z$  und  $d = 0,8 d_z$ .

b) Auf Lochleibung.

$$d \cdot \delta \cdot k_L = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z, \tag{41^a}$$

für  $k_L = 1,5 k_z$  ist  $d \cdot \delta \cdot 1,5 = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4}$ , oder  $d \cdot \delta = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{6}$  und  $d = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{6 \cdot \delta}$ .

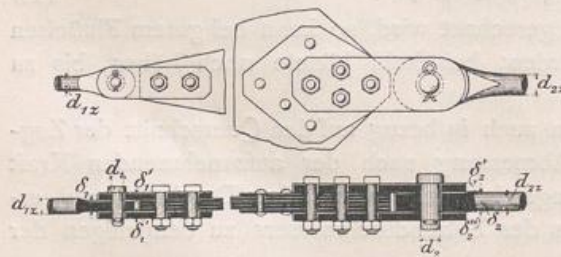
Wenn  $\delta = 1,1 d_z$  ist, dann wird  $d = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{6 \cdot 1,1 d_z} = 0,475 d_z = \text{rd. } 0,5 d_z$ .

Da mit Rücksicht auf Abscherung ein gr o erer Durchmesser nötig ist, so wird bei  $\delta = 1,1 d_z$  der zulässige Lochleibungsdruck nicht voll ausgenutzt. Um bei einer zweischnittigen Verbindung volle Ausnutzung des Lochleibungsdrucks zu erhalten, m u te bei  $k_s = 1,5 k_L$  mit Rücksicht auf gleiche Festigkeit in bezug auf Abscherung und Lochleibungsdruck  $\delta = d$  werden; die Formel  $d \cdot \delta = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{6}$  würde dann übergehen in  $d^2 = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{6}$ ,

und es ergäbe sich  $d = \delta = d_z \cdot \sqrt{\frac{\pi}{6}} = 0,72 \cdot d_z$ , d. h. derselbe Wert wie unter a)2. für den Fall  $k_s = k_z$ . Doch ist es empfehlenswert, die etwas gr o ere Blechstärke  $\delta = 1,1 d_z$  zu wählen, d. h. einen geringeren Lochwandungsdruck zuzulassen, da man bei den Bolzen nicht mit Sicherheit auf ein volles Anliegen an den Lochwandungen rechnen kann.

Soll ein Rundeisen mit dem Durchmesser  $d_z$  mittels eines ausgeschmiedeten Bolzenauges an ein einfaches Knotenblech angeschlossen werden, so geschieht dies am besten durch eine zweischnittige Bolzenverbindung, indem man den Anschluß durch zwei seitliche aufgelegte Laschen erzielt. So stellen z. B. die Abb. 141 bis 144 entsprechende

Abb. 141 bis 144. Anschluß von Zugstangen aus Rundeisen an Knotenbleche.



Anschlüsse zweier Zugstangen aus Rundeisen an ein Knotenblech dar. Hierbei ist das Knotenblech aus drei aufeinanderliegenden Blechen gebildet; der Anschluß erfolgte in jedem Falle durch Ausbildung eines Auges an den Enden der Zugstangen und mittels zweier seitlich aufgelegter Laschen. Bei der Anordnung der Abb. 141 u. 142 wurde die Stärke des Auges etwas geringer als der Durchmesser des Rundeisens und zwar

gleich der Stärke des dreifachen Knotenblechs ausgebildet, während bei der Anordnung der Abb. 143 u. 144 die Stärke des Bolzenauges etwas gr o er als der Durchmesser der Zugstange gewählt und das Knotenblech durch Auflegen zweier Verst rkungsbleche auf die Stärke des Auges gebracht wurde, um keinen zu großen Lochwandungsdruck zu



erhalten. Der Anschluß der Rundeisen erfolgte zunächst durch je einen Bolzen mit Splint an die betreffenden Laschen, und diese wurden mit der nötigen Anzahl von Schraubenbolzen an die Knotenbleche angeschlossen. Die Gesamtstärke je zweier zusammengehöriger Laschen wurde zwecks Erzielung gleicher Festigkeit gleich der zugehörigen Augenstärke gemacht.

Abb. 145 u. 146 zeigen den Anschluß einer Rundeisenstange mit Spanschloß an ein doppeltes Knotenblech. Die durch Abb. 147 u. 148 dargestellte Verbindung zweier

Abb. 145 u. 146. Anschluß einer Rundeisenstange an ein doppeltes Knotenblech.

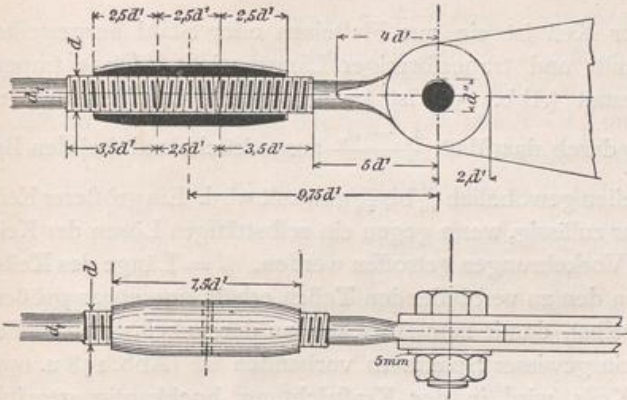
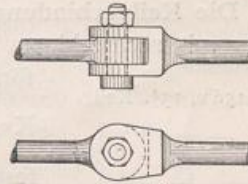


Abb. 147 u. 148. Verbindung zweier Rundeisenstangen.



Rundeisenstangen durch gabelförmige Ausbildung des einen Rundeisenendes ist nicht zu empfehlen, da die Ausbildung der Gabel schwierig ist, und

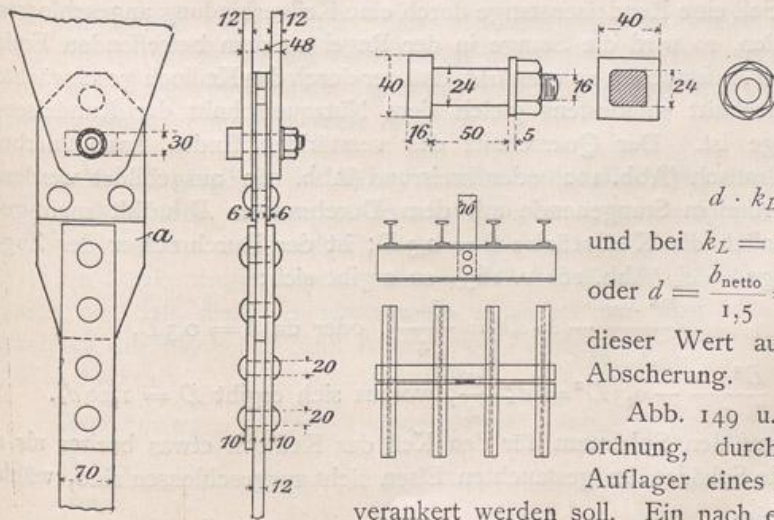
deshalb die Verbindung zu teuer bzw. bei weniger sorgfältiger Arbeit nicht sicher genug ist.

Bestehen die Zugstangen aus Flacheisen, so wird die Konstruktion ähnlich ausgeführt wie bei Rundeisenstangen. Bei Berechnung des Bolzens mit Rücksicht auf den Querschnitt der Zugstange ist natürlich wieder nur deren Nutzquerschnitt einzuführen. Bezeichnet man diesen mit  $f_{\text{netto}}$ , so gelten für eine zweiseitige Verbindung folgende Gleichungen:

$$\text{auf Abscherung: } \frac{2 \cdot d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s = f_{\text{netto}} \cdot k_z, \quad (42)$$

$$\text{auf Lochleibung: } d \cdot \delta \cdot k_L = f_{\text{netto}} \cdot k_z. \quad (43)$$

Abb. 149 bis 155. Beispiel einer Verankerung des beweglichen Auflagers eines Dachbinders.



Wenn die Stärke des Auges gleich der Stärke der Zugstange und die Nutzbreite der Zugstange gleich  $b_{\text{netto}}$  ist, so wird

$$d \cdot k_L = b_{\text{netto}} \cdot k_z,$$

und bei  $k_L = 1,5 \cdot k_z$ :  $1,5d = b_{\text{netto}}$ ,  
oder  $d = \frac{b_{\text{netto}}}{1,5} = \frac{2}{3}b$ . Bei  $k_s = k_z$  gilt dieser Wert auch mit Rücksicht auf Abscherung.

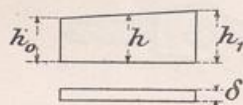
Abb. 149 u. 155 zeigen eine Anordnung, durch die ein bewegliches Auflager eines Dachbinders senkrecht verankert werden soll. Ein nach einem in entsprechender



Tiefe liegenden Ankerrost führendes Flacheisen ist mittels zweier Flacheisenlaschen an das breitere Bolzenblech  $a$  angeschlossen, das durch einen Schraubenbolzen mit dem doppelten Knotenblech in Verbindung steht. Da die Verankerung eine Bewegung des Auflagers nicht verhindern soll und das Flacheisen durch seine Einmauerung eine solche Bewegung nicht mitmachen kann, so ist die Bolzen ffnung in dem Blech  $a$  in der Verschiebungsrichtung länglich hergestellt. Um nun die nötige Anlagefläche in der Lochwandung dieses länglichen Loches zu erzielen, hat der Bolzen quadratischen Querschnitt erhalten (Abb. 152). Der quadratische Teil des Bolzens ist so lang, daß beim festen Anziehen der Schraube zwischen den durch den Bolzen verbundenen Blechen ein Spielraum für die Bewegung vorhanden bleibt.

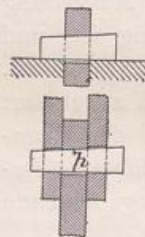
**2. Die Keilverbindungen.** Der Keil ist ein aus Flußeisen oder Stahl hergestellter Körper mit rechteckigem Querschnitt und trapezförmiger Längsansicht. Diese trapezförmige Gestalt (Abb. 156) ist bedingt durch den Anzug des

Abb. 156 u. 157. Keil.



Keils, der durch das Maß  $\frac{h_1 - h_0}{l}$  ausgedrückt und bei den Befestigungskeilen gewöhnlich  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{25}$  gewählt wird. Ein gr o erer Keilanzug ist nur zulässig, wenn gegen ein selbsttätiges Lösen der Keilverbindung Vorkehrungen getroffen werden. ( $l$  = Länge des Keils.)

Abb. 158 u. 159. Keilverbindung.



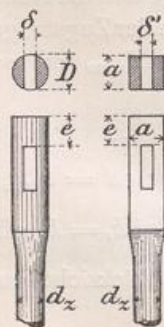
Das Keilloch in den zu verbindenden Teilen erhält eine etwas gr o ere Höhe als der Keil selbst, damit zum Anziehen an den unbelasteten Stellen der Anlageflächen ein gewisser Spielraum vorhanden ist (Abb. 158 u. 159).

Die Form des Keils wird in der Kraftrichtung hochkantig gewählt, damit das Keilloch, zwecks geringer Schwächung der zu verbindenden Teile möglichst schmal wird und doch der nötige Abscherungsquerschnitt für den Keil vorhanden ist.

Die Abmessungen der Keilverbindung sind so zu treffen, daß in bezug auf Abscherung des Keils und auf Lochwandungsdruck an den belasteten Flächen genügende Sicherheit vorhanden ist. Die zusätzliche Beanspruchung des Keils auf Biegung ist hierbei von geringerem Einfluß als bei den Bolzenverbindungen, da der Keil durch seine gr o ere Höhe in der Kraftrichtung ein verh ltnism o ig gr o eres Widerstandsmoment gegen Biegung besitzt. Ferner

müssen die durch das Keilloch geschwächten Querschnitte der zu verbindenden Teile stark genug sein.

Abb. 160 bis 163. Anschlu enden von Rundeisenstangen durch eine Keilverbindung.



Soll eine Rundeisenstange durch eine Keilverbindung angeschlossen werden, so wird die Stange in der Regel an dem betreffenden Ende durch Aufstauchen so verstärkt, daß der durch das Keilloch geschwächte Querschnitt mindestens gleich dem Nutzquerschnitt der Rundeisenstange ist. Der Querschnitt des verstärkten Endes kann hierbei quadratisch (Abb. 162) oder kreisrund (Abb. 160) ausgebildet werden. Bei rundem Stangenende mit dem Durchmesser  $D$  wählt man gewöhnlich die Keilstärke  $\delta = 0,3D$ ; ist der Durchmesser der Zugstange =  $d_z$  (Abb. 161 u. 163), so ergibt sich:

$$\frac{D^2 \cdot \pi}{4} - \delta \cdot D = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4}, \text{ oder da } \delta = 0,3D,$$

$$\frac{D^2 \cdot \pi}{4} - 0,3D^2 = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4}, \text{ woraus sich ergibt } D = 1,29d_z.$$

Da mit Rücksicht auf den Spielraum für den Keil das Keilloch etwas breiter als  $\delta$  sein muß und eventuelle Schäden im gestauchten Eisen nicht ausgeschlossen sind, wähle man  $D = 1\frac{1}{3}d_z$  bis  $1,4d_z$ .



Bei quadratisch ausgebildetem Stangenende des Rundeisens wird die Keilstärke in der Regel  $\delta' = \frac{1}{3}$  der Quadratseite genommen. Nach Abb. 162 muß also sein:

$$\frac{2}{3}a^2 = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4}, \text{ oder } a = d_z \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot 3}{4 \cdot 2}} = 1,18 d_z.$$

Zweckmäßig wird gewählt  $a = 1\frac{1}{4} \cdot d_z$  bis  $1,3 \cdot d_z$ .

Soll die Keilstärke durch  $d_z$  ausgedrückt werden, so ergibt sich:

Bei rundem Stangenende:

$$\delta = 0,3 \cdot D = 0,3 \cdot \frac{4}{3} \cdot d_z = 0,4 d_z;$$

bei quadratischem Stangenende:

$$\delta' = \frac{1}{3} \cdot a = \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{4} \cdot d_z = 0,41 \cdot d_z.$$

Bei den obigen Abmessungen von  $\delta$ ,  $D$  und  $a$  darf natürlich der Lochwandungsdruck in den Anlageflächen des Keiles nicht zu groß werden. Die Anlageflächen des Keils an der Stange sind hierbei  $\delta \cdot D$ , bzw.  $\delta' \cdot a$ ; unter Einführung der Werte  $\delta = 0,3 D$ ,  $D = 1\frac{1}{3} d_z$ ,  $\delta' = \frac{1}{3} a$  und  $a = 1\frac{1}{4} d_z$  werden diese Anlageflächen

$$\delta \cdot D = 0,3 \cdot D^2 = 0,3 \cdot \left(\frac{4}{3} d_z\right)^2 = 0,53 d_z^2, \text{ bzw.}$$

$$\delta' \cdot a = \frac{a^2}{3} = \frac{\left(1\frac{1}{4} d_z\right)^2}{3} = 0,52 \cdot d_z^2.$$

Der größte Lochwandungsdruck wird mithin

$$\sigma_L = \frac{d_z^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot k_z}{0,52 d_z^2} = \frac{\pi}{4 \cdot 0,52} \cdot k_z = 1,51 k_z;$$

ein solcher Lochwandungsdruck ist zulässig und es sind somit die obigen Abmessungen auch in dieser Hinsicht ausreichend.

Die mittlere Höhe  $h$  des Keils ist mit Rücksicht auf Abscherung zu berechnen:

$$2\delta \cdot h \cdot k_s = \frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z, \quad (44)$$

bei  $\delta$  bzw.  $\delta' = 0,4 \cdot d_z$  wird

$$h = \frac{\frac{d_z^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_z}{2 \cdot 0,4 d_z \cdot k_s} = \frac{d_z \cdot \pi}{3,2} \cdot \frac{k_z}{k_s} = \sim \frac{k_z}{k_s} \cdot d_z,$$

für  $k_s = k_z$  ergibt sich  $h = d_z$  oder  $= \frac{3}{4} D$  bzw.  $= \frac{5}{4} a$  und für  $k_s = \frac{4}{5} k_z$ :  $h = \frac{5}{4} d_z$  oder  $= \sim D$  bzw.  $= \sim a$ .

Die Länge  $e$  des vollen Stückes des Stangenendes hinter dem Keilloch (Abb. 161) ist mit Rücksicht auf ein Aufschlitzen dieses Stückes zu berechnen. In der Praxis wird für diese Länge gewöhnlich das Maß  $e = d_z$ , d. h.  $\frac{3}{4} D$  bzw.  $\frac{4}{5} a$  gewählt; die Berechnung würde einen geringeren Wert ergeben.

## § 15. Beispiele zu den Verbindungsmitteln.

1. Beispiele zu den Nietverbindungen. *Erstes Beispiel.* Eine Zugkraft von  $P = 25$  t soll durch zwei Flacheisen aufgenommen und diese an ein Knotenblech von 1,5 cm Stärke angeschlossen werden. Die Flacheisen nehmen das Knotenblech zwischen sich, so daß die Verbindung eine zweiseitige wird. Zu berechnen sind: Querschnitt der Flacheisen und Anzahl der Anschlußniete bei einem Nietdurchmesser von  $d = 1,8$  cm.

Auflösung: a) Der Nutzquerschnitt der Flacheisen ergibt sich zu  $f_{\text{netto}} = \frac{P}{k_z}$   
 $= \frac{25\,000}{1000} = 25$  qcm, für ein Flacheisen mithin 12,5 qcm.



Die Nutzbreite der Flacheisen berechnet sich bei einer Strke  $\delta$  zu  $b_{\text{netto}} = \frac{f_{\text{netto}}}{\delta}$   
 $= \frac{12,5}{1,2} = 10,4 \text{ cm.}$

Die mit Rücksicht auf die Schwchung durch die Niete notige Breite ist  $b = b_{\text{netto}} + d$   
 $= 10,4 + 1,8 = 12,2 \text{ cm.}$  Zwei Flacheisen von 12 cm seien als ausreichend angenommen.

b) Die Berechnung der Nietanzahl ist unter Voraussetzung von  $k_L = 1,5 k_s = 1500 \text{ kg}$   
 $= 1,5 \text{ t}$  mit Rücksicht auf Lochleibung vorzunehmen, da  $d > \delta'$  und  $\delta'$  die kleinste Blechstrke bedeutet (Abb. 164). Mithin  $n \cdot d \cdot \delta' \cdot k_L = P$ ,  
 woraus

Abb. 164. Berechnung der Nietanzahl.

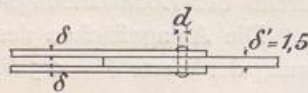
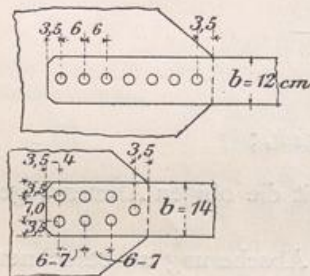


Abb. 165 u. 166. Anordnung der Niete.



$$n = \frac{P}{d \cdot \delta' \cdot k_L} = \frac{25}{1,8 \cdot 1,5 \cdot 1,5} = 6\frac{1}{4}.$$

Gewahlt werden 7 bis 8 Niete.

Die Anordnung nach Abb. 165 mit 7 Nieten hintereinander ist jedoch nicht zweckmaig, sondern es empfiehlt sich, breitere und dünnere Flacheisen mit zweireihigem Nietanschlu zu verwenden mit einem Niet in der ersten Reihe (Nietabzug nur für ein Niet).

So wird z. B. für  $\delta = 1,0 \text{ cm}$ :  $b_{\text{netto}} = 12,5 \text{ cm}$ ; und die erforderliche Breite der Flacheisen  $b = 12,5 + 1,8 = 14,3 = \sim 14 \text{ cm}$ . Die Nietzahl bleibt dieselbe, da  $\delta'$  sich nicht geandert hat. Die Nietverteilung kann nach Abb. 166 gewahlt werden.

In diesem Beispiel wird die Abscherungsfestigkeit der Niete von 1000 kg/qcm nicht ausgenutzt, da  $d > \delta'$  ist, denn wenn die Verbindung auf Abscherung und Lochleibungsdruck gleich fest sein sollte, so müßte man  $d = \delta'$  und  $2\delta = \delta'$  wahlen, d. h.  $d = 1,5 \text{ cm}$ ,  $\delta = 0,75 \text{ cm}$ ; jedoch ware eine solche Anordnung mit Rücksicht auf die hierzu erforderliche groere Nietzahl und groere Flacheisenbreite nicht zweckmaig.

Die bei den gewahlten Abmessungen auftretende Scherspannung der Niete ist:

$$\sigma_s = \frac{P}{n \cdot 2 d^2 \cdot \pi} = \frac{25000}{n \cdot 2 \cdot 2,54} = \sim \frac{25000}{7 \cdot 5,08} = 700 \text{ kg/qcm.}$$

Abb. 167. Anschluß eines Fachwerkstabes.



*Zweites Beispiel.* Ein Stab eines Dachbinders erhalt eine maximale Zugkraft von 26 t und soll aus zwei Winkeleisen nach Abb. 167 gebildet werden.

Die Strke des Knotenbleches ist  $\delta' = 1,2 \text{ cm}$ , der Durchmesser der Anschlußniete  $d = 2,0 \text{ cm}$ . Zu berechnen ist:

a) Die Profilnummer der Winkeleisen bei  $k_s = 1000 \text{ kg/qcm}$ .

b) Der Anschluß an das Knotenblech:  $\alpha$ ) für  $k_s = 800 \text{ kg/qcm}$  und  $k_L = 1500 \text{ kg}$ ;  $\beta$ ) für  $k_s = 1000 \text{ kg/qcm}$  und  $k_L = 1500 \text{ kg/qcm}$ .

a) Berechnung der Winkeleisen:

$$F_{\text{netto}} = \frac{P}{k_s} = \frac{26000}{1000} = 26 \text{ qcm, für 1 Winkel also } f_{\text{netto}} = 13 \text{ qcm.}$$

Bei einer Winkeleisenstrke von  $\delta = 1 \text{ cm}$  ist die Nietschwchung für ein Eisen  $d \cdot \delta = 2,0 \cdot 1,0 = 2 \text{ qcm}$ . Der Gesamtzugquerschnitt eines Winkeleisens muß also sein:  $f = 13 + 2 = 15 \text{ qcm}$ ;  $2 \sqrt{8 \cdot 8 \cdot 1}$  mit je einem  $f = 15,1 \text{ qcm}$  waren somit ausreichend.



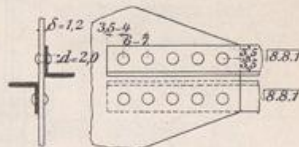
b) Die Anzahl der Anschlußniete ergibt sich: a) in bezug auf Abscherung bei  $k_s = 800 \text{ kg/qcm}$  zu  $n = \frac{P}{d^2 \cdot \pi k_s} = \frac{26000}{2^2 \pi \cdot 800} = 10,4$  und in bezug auf Lochleibungs-

druck ( $k_L = 1500 \text{ kg/qcm}$ )  $n = \frac{P}{d \cdot \delta \cdot k_L} = \frac{26000}{2,0 \cdot 1,0 \cdot 1500} = 8,7$ . Es sind also insgesamt 10 bis 12 Niete zu wählen; jedes Winkeleisen ist daher mit 5 bis 6 Nieten anzuschließen.

β) Da bei der hier vorliegenden einschnittigen Nietverbindung  $d = 2\delta$  ist, so ist es bei  $k_L = 1,5 k_s$  gleichgültig, ob die Nietzahl auf Abscherung oder auf Lochleibungsdruck berechnet wird: Die Berechnung auf Lochleibung ergibt

$n = \frac{P}{d \cdot \delta \cdot k_L} = \frac{26}{2,0 \cdot 1,0 \cdot 1500} = 8,7$ . Werden 10 Niete gewählt, für jedes Winkeleisen also 5, so gestaltet sich der Anschluß nach Abb. 168 u. 169.

Abb. 168 u. 169. Anschluß der beiden Winkeleisen.



2. Beispiele zu den Schraubenverbindungen. *Erstes Beispiel.* Ein Schraubenbolzen hat eine angehängte Last von 7,2 t zu tragen. Die Schraube ist zu berechnen:

a) für den Fall, daß sie unbelastet angezogen wird,

b) für den Fall, daß sie belastet angezogen wird.

a) Der Kerndurchmesser des Schraubengewindes ergibt sich nach Gleichung 30

zu  $d_i = 1,13 \sqrt{\frac{P}{k_s}}$ ; bei  $k_s = 800 \text{ kg/qcm}$  wird  $d_i = 1,13 \sqrt{\frac{7200}{800}} = 1,13 \sqrt{9} = 1,13 \cdot 3 = 3,39 \text{ cm}$ . Nach der Tabelle I auf S. 331 wird eine WITWORTH-Schraube  $1\frac{5}{8}''$  mit einem Kerndurchmesser  $d_i = 34,77 \text{ mm}$  gewählt, für die der äußere Gewindedurchmesser  $d = 1\frac{5}{8}'' = 41,27 \text{ mm}$  ist.

b) Wird die Schraube angezogen, während sie die Last zu tragen hat, so ist nach S. 333 unter sonst gleichen Verhältnissen mit einer nur  $\frac{3}{4}$  mal so großen zulässigen Beanspruchung zu rechnen, also mit  $k_s = 800 \cdot \frac{3}{4} = 600 \text{ kg/qcm}$ . Es wird somit

$$d_i = 1,13 \sqrt{\frac{7200}{600}} = 1,13 \sqrt{12} = 1,13 \cdot 3,46 = 3,91 \text{ cm}.$$

Gewählt wird nach der Skala eine Schraube  $1\frac{7}{8}''$  mit einem Kerndurchmesser  $d_i = 4,04 \text{ cm}$  und einem äußeren Gewindedurchmesser  $d = 4,76 \text{ cm} = 1\frac{7}{8}''$ .

*Zweites Beispiel.* Eine Ankerkraft von 12 t ist durch eine Zugstange aus Rundstangeisen von einem 1,5 cm starken Knotenblech in eine Ankerplatte überzuführen. Der Anschluß der Zugstange an das Knotenblech soll durch eine Gelenkbolzenverbindung bewirkt und ein nachträgliches Anspannen des Ankers mittels eines Spannschlusses möglich gemacht werden. Die Berechnung der ganzen Verankerung ist vorzunehmen.

Berechnung des Rundeisendurchmessers  $d_s$ . Nach Gleichung 30 ergibt sich der Kerndurchmesser  $d_i$  des Spannschloßgewindes zu:  $d_i = 1,13 \sqrt{\frac{P}{k_s}}$ ; bei  $k_s = 800 \text{ kg/qcm}$

und  $P = 12000 \text{ kg}$ , wird  $d_i = 1,13 \sqrt{\frac{12000}{800}} = 1,13 \sqrt{15} = 1,13 \cdot 3,87 = 4,37 \text{ cm}$ .

Nach der WITWORTH-Skala entspricht diesem Kerndurchmesser eine Schraube 2'' mit einem Kerndurchmesser  $d_i = 4,36 \text{ cm}$  und einem äußeren Gewindedurchmesser  $d = 2'' = 5,08 \text{ cm}$ .

In diesem Beispiel soll das Gewinde des Spannschlusses an die Rundeisenstange angeschnitten werden, um eine weitere Ausarbeitung der Stangenenden (Verstärkung durch Aufstauchen) zu vermeiden. Es ist deshalb der Durchmesser des Rundeisens mindestens

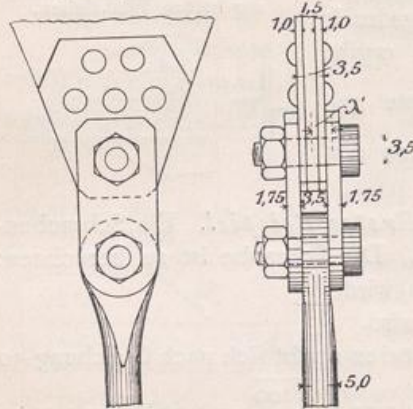


gleich dem   u  eren Gewindedurchmesser der Spannschlo  schraube zu w  hlen, also  $d_z = d = \text{rund } 5,00 \text{ cm}$ .

Die Muffe des Spannschlusses kann nach einer der in den Abb. 120 bis 129 dargestellten Art ausgebildet werden. Der Durchmesser der Muffe kann gleich  $D = 2d_z = 10 \text{ cm}$ , und die L  nge  $l = 7d_z$  bis  $8d_z = 35 - 40 \text{ cm}$  genommen werden.

Der Anschlu   an das Knotenblech soll durch eine zweischnittige Gelenkbolzenverbindung mittels zweier seitlich aufgelegter Laschen und zweier Gelenkbolzen bewirkt

Abb. 170 u. 171. Anschlu   an das Knotenblech.



werden (Abb. 170 u. 171). Der Durchmesser  $d_b$  des Gelenkbolzens wird f  r  $k = 0,8 k_z$  nach S. 340 gleich dem 0,8fachen des Nutquerschnitts der Zugstange, also  $d_b = 0,8 \cdot 4,36 = 3,49 = \text{rund } 3,5 \text{ cm}$ .

Um einen Lochleibungsdruck  $k_L = 1,5 k_z$  zu erhalten, was hier  $k_L = 1,5 \cdot 0,8 k_z = 1,2 k_z = 1200 \text{ kg/qcm}$  w  re, mu   die St  rke des Auges sowie die Gesamtst  rke der Laschen und des Knotenbleches ebenfalls  $3,5 \text{ cm}$  ( $\delta = d$ ) sein; jede Lasche erh  lt

also eine St  rke von  $\frac{3,5}{2} = 1,75 \text{ cm}$  und das Knotenblech wird durch 2 aufgenietete Bleche von je  $1 \text{ cm}$  Dicke auf  $3,5 \text{ cm}$ verst  rkt.

Mit Ber  cksichtigung der Biegungsspannungen in Bolzen (vgl. S. 339), tritt bei obiger Anordnung in den ung  nstigsten Bolzenquerschnitten folgende resultierende Beanspruchung auf:

$$\sigma_{\max} = \frac{3}{8} \sigma_b + \frac{5}{8} \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \tau^2}; \text{ worin } \sigma_b = \frac{32 M}{d^3 \cdot \pi};$$

oder da  $M = \frac{P}{2} \cdot \lambda' = 6000 \cdot 2,5 = 15000 \text{ kgcm}$  ( $\lambda' = \frac{3,5 + 1,75}{2} = \frac{5,25}{2} = \text{rund } 2,5 \text{ cm}$ ),

$$\sigma_b = \frac{32 \cdot 15000}{3,5^3 \cdot \pi} = \frac{32 \cdot 15000}{134} = 358 \text{ rund } 360 \text{ kg/qcm};$$

da ferner  $\tau = 800 \text{ kg/qcm}$  ( $= k_s$  oben) ist, so ergibt sich

$$\sigma_{\max} = \frac{3}{8} \cdot 360 + \frac{5}{8} \sqrt{360^2 + 4 \cdot 800^2} = 135 + \frac{5}{8} \sqrt{129600 + 2560000} = 135 + \frac{5}{8} \sqrt{2689600} \\ = 135 + \frac{5}{8} \cdot 1640 = 135 + 1025 = 1160 \text{ kg/qcm}.$$

Diese Beanspruchung ist bei obiger ung  nstiger Annahme zul  ssig.

Als Abmessungen der Ankerplatte ergeben sich bei einer zul  ssigen Druckbeanspruchung des Mauerwerks von  $8 \text{ kg/qcm}$ : f  r eine quadratische Ankerplatte eine Seitenl  nge  $a = 10 d_{z \text{ netto}} = 10 \cdot 4,36 = 43,6 \text{ rund } 45 \text{ cm}$ ; f  r eine runde Ankerplatte ein Durchmesser von  $D = 11 d_{z \text{ netto}} = 11 \cdot 4,36 = \text{rund } 50 \text{ cm}$  (s. S. 335).

## B. Verl  ngerung (Sto  e), Eck- und Anschlu  verbindungen, sowie Kreuzungen von Konstruktionsteilen.

###    16. Verl  ngerung (Sto  e) von Konstruktionsteilen.

1. Verl  ngerung von Rundeisen und Flacheisen. Die Verl  ngerungen m  ssen immer so vorgenommen werden, da   sie keine schwachen Stellen bedeuten, sondern da     berall mindestens die gleiche Festigkeit vorhanden ist, wie bei den verl  ngerten Teilen selbst. Ferner ist darauf zu achten, da   die Achsen der verbundenen Teile in eine Richtung fallen, damit keine exzentrische   bertragung stattfindet.



Die Verlängerung von Rundeisen kann durch Verschraubungen, Spannschlösser, Gelenkbolzen und Keilverbindungen geschehen, wie diese in § 14 bereits besprochen worden sind. Die Verschraubungen ergeben in der Regel eine starre Verbindung. Abb. 172 u. 173 zeigen eine solche Rundeisenverlängerung mittels Schraubenbolzen; hierbei sind die Rundeisen an den Enden aufgestaucht, flach ausgeschmiedet und so verschraubt, daß die Achsen der beiden verbundenen Rundeisen in eine Richtung fallen. Gelenkige Verlängerungen von Rundeisen kann man leicht mit Hilfe von Gelenkbolzenverbindungen erzielen, die nach § 14, 1, e zu konstruieren und zu berechnen sind.

Abb. 172 u. 173. Verlängerung von Rundeisen mittels Schraubenbolzen.

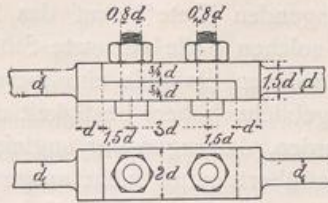
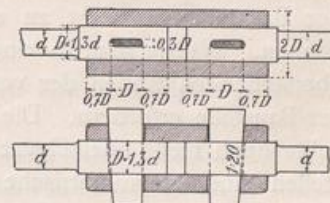


Abb. 174 u. 175. Verlängerung von Rundeisen mittels Keilverbindung.



Regulierbare Verlängerungen, d. h. solche, die ein nachträgliches Anziehen oder Nachlassen ermöglichen, können unter Verwendung von Spannschlössern oder Keilverbindungen hergestellt werden. Betreffs deren Konstruktion und Berechnung wird auf § 14, 1, c u. § 14, 2 verwiesen. Abb. 174 u. 175 zeigen eine Verlängerung mittels Keilverbindung; die aufgestauchten Stangenenden stecken in einer Muffe und sind durch zwei Keile befestigt. Durch Anziehen dieser letzteren ist ein nachträgliches Anspannen in gewissen Grenzen möglich.

Die Verlängerung von Flacheisen erfolgt meist durch seitlich aufgenietete, manchmal auch aufgeschraubte Laschen. Der Nutzquerschnitt der Laschen muß mindestens gleich dem Nutzquerschnitt der Flacheisen sein. Die Anzahl der Nieten oder Schrauben ist von den wirkenden Kräften abhängig. Zwecks Berechnung und Konstruktion der Verbindung kann auf die betreffenden früheren Ausführungen in § 13, 3 und § 14, 1 verwiesen werden. Hierbei sind wieder einschnittige und zweisechnittige Laschenverbindungen zu unterscheiden; die letzteren sind mit Rücksicht auf die bessere Kraftübertragung stets vorzuziehen.

**2. Verlängerungen (Stöße) von Profileisen und Eisenteilen zusammengesetzten Querschnitts.** Bei der Stoßausbildung solcher Eisenteile ist darauf zu achten, ob die gestoßenen Querschnitte auf Zug bzw. Druck oder auf Biegung beansprucht werden. Bei dem Stoß eines auf Zug oder Druck beanspruchten Stabes muß der Querschnitt der stoßenden Teile mindestens gleich dem Nutzquerschnitt des gestoßenen Stabes sein; während bei Biegung an der Stoßstelle die nötige Biegefestigkeit vorhanden sein muß, d. h. das Widerstandsmoment des Stoßquerschnitts darf nicht geringer sein als das des gestoßenen Stabes.

Neben der Erfüllung dieser Bedingungen ist darauf zu achten, daß jeder Teil des Querschnitts möglichst durch ein unmittelbar darauf gelegtes entsprechendes Stück zu stoßen ist, um eine direkte Überführung der Kräfte in die stoßenden Teile zu erzielen. Ein solcher Stoß wird direkter Stoß genannt. Bei einer guten Ausbildung eines direkten Stoßes ist die Bedingung des gleichen Querschnitts bzw. des gleichen Widerstandsmomentes von Stab- und Stoßquerschnitt meist schon ohne weiteres erfüllt, doch wird sich eine Kontroll-Berechnung in dieser Hinsicht stets empfehlen.

In den Fällen, in denen sich der direkte Stoß nicht durchführen läßt, muß man zur indirekten Stoßart greifen. Dieser indirekte Stoß kommt hauptsächlich bei größeren zusammengesetzten Querschnitten zur Anwendung. Die einzelnen Teile der Stoßverbindung, die Querschnitte der einzelnen Stoßlaschen, Stoßwinkel usw., sowie die Anzahl



der erforderlichen Niete oder Schrauben sind stets so zu wählen, daß die Stoßstelle in jeder Beziehung mindestens die Festigkeit des betreffenden Stabes hat.

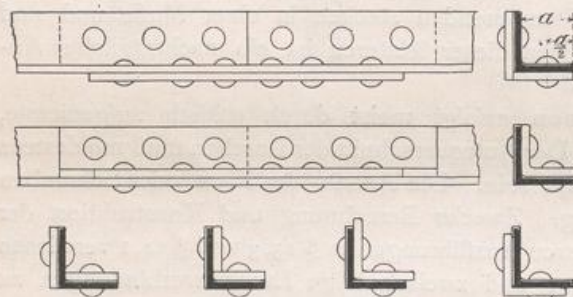
Beim Stoß von Konstruktionsteilen zusammengesetzten Querschnitts unterscheidet man noch den Universal- oder konzentrierten Stoß und den versetzten Stoß. Bei ersterem sind alle Querschnittsteile an derselben Stelle gestoßen, während bei der versetzten Sto art der Stoß der einzelnen Querschnittsteile an verschiedenen Stellen vorgenommen wird. Die konzentrierten St o e sind mit Rücksicht auf die damit verbundene einfachere Montage meist vorzuziehen, da hierdurch bei einer Vernietung des Stoßes auf der Baustelle die dort zu schlagenden Niete<sup>11)</sup> auf das Minimum beschränkt werden können. Würde man in einem solchen Falle versetzte St o e anwenden, so würden die überstehenden Enden der verschiedenen Stabteile eine wesentlich gr o ere Nietarbeit auf der Baustelle erfordern. Die angebliche höhere Festigkeit der Stäbe mit versetztem Stoß sollte doch nicht überschätzt werden, da wegen der ungleichen Festigkeit an den Stoßstellen eine unsymmetrische Kraftübertragung nicht ausgeschlossen ist und eine solche Wirkung der versetzten St o e, besonders bei Druckstäben (Knickgefahr), nachteilig sein könnte. Bei einem konzentrierten Stoß ist durch die Einheitlichkeit des Sto querschnitts eher eine gleichm o ige Kraftübertragung vorhanden; es wäre also hiernach auch mit

Rücksicht auf eine gr o ere Sicherheit der konzentrierte Stoß dem versetzten Stoß vorzuziehen, eine gute Ausbildung des Stoßes selbstverständlich vorausgesetzt.

### 3. Beispiele für Stoßanordnungen.

Der Stoß von Winkelleisen kann geschehen mittels zweier auf die Schenkel aufgelegter Laschen (Abb. 176, 177, 180 u. 181) oder unter Vorlage eines Winkels mit gleichem Querschnitt (Abb. 178, 179, 182 u. 183). Sehr zweckm o ige

Abb. 176 bis 183. Stoß von Winkelleisen.



Verwendung können hierbei auch die in § 6, 3 a genannten Vorprofile finden. Es ist darauf zu achten, daß jede Lasche oder jeder Sto winkelschenkel jederseits der Stoßstelle mit der nötigen Nietzahl angeschlossen wird. Diese Nietzahl auf jeder Seite des Stoßes berechnet sich für obige Beispiele mit einschnittiger Vernietung nach folgenden Formeln:

$$\text{Auf Abscherung: } n_1 \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot k_s = f \cdot k, \text{ bei } k_s = 0,8 k$$

$$n_1 = \frac{f}{0,8 \cdot d^2 \cdot \pi} = \left( \frac{5f}{d^2 \cdot \pi} \right) \quad (45)$$

$$\text{Auf Lochleibung: } n_2 \cdot d \cdot \delta \cdot k_L = f \cdot k, \text{ bei } k_L = 1,5 k$$

$$n_2 = \frac{f}{1,5 \cdot d \cdot \delta} \quad (46)$$

worin  $f$  = dem betreffenden Stoßquerschnitt,  $d$  = dem Nietdurchmesser und  $\delta$  = der schwächsten, in Betracht kommenden Blechstärke ist.

Der gr o te Wert von  $n_1$  und  $n_2$  ist zu nehmen. Bei  $k_L = 1,5 \cdot k_s$  (z. B.  $k_s = k$  und  $k_L = 1,5 k$ ) braucht nur auf Abscherung oder auf Lochleibung berechnet zu werden, je

<sup>11)</sup> Die auf der Baustelle geschlagenen Niete stellen sich immer teurer und sind meist weniger gut als die im Werk hergestellten.



nachdem bei einschnittigen Nieten  $d < 2\delta$  bzw.  $d > 2\delta$  und bei zweischnittigen Nieten  $d < \delta$  bzw.  $d > \delta$  ist. Die Berechnungsformeln sind dann

auf Abscherung:  $n_1 = \frac{f}{d^2 \cdot \pi}$  (bei einschnittigen Nieten) (47)

$$n_1 = \frac{f}{2 \cdot d_2 \cdot \pi} \quad (\text{bei zweischnittigen Nieten}) \quad (48)$$

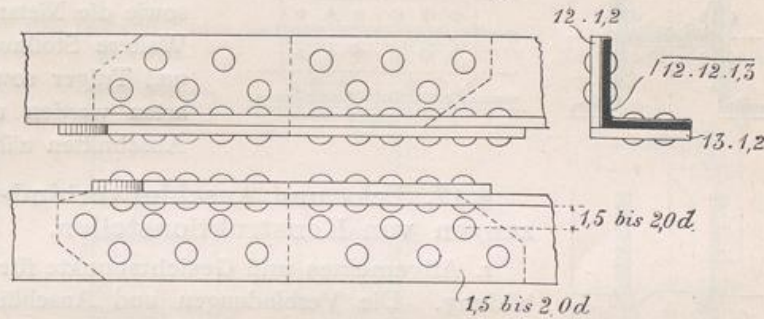
auf Lochleibung:  $n_2 = \frac{f}{1,5 \cdot d \cdot \delta}$  (49)

für ein- und mehrschnittige Nieten, wobei  $\delta$  die nach den Krafrichtungen getrennte dünnere Gesamtblechstärke bedeutet.

Bei Winkelisen mit mehr als 10 bis 12 cm Schenkelbreite wird zweckmäßig eine zweireihige Vernietung der Schenkel vorgenommen (Abb. 184 bis 186). Für dieses

Beispiel sei auch die Berechnung des Stoßes vorgenommen. Es sind zwei Winkel 12 · 12 · 1,3 mit außen aufgelegten Laschen aneinander gestoßen; die eine Lasche ist gewählt 12 · 1,2, die andere 13 · 1,2. Die beiden Laschen haben einen Gesamtquerschnitt von 30 qcm, das

Abb. 184 bis 186. Stoß von Winkelisen mit größerer Schenkelbreite.



Winkelprofil einen solchen von 29,7 qcm; die Nietschwächungen sind für die gestoßenen sowie für die stoßenden Teile nahezu dieselben, so daß auch die Nutzquerschnitte entsprechend übereinstimmen. Die Laschen sind also ausreichend. Die Berechnung der Nietanzahl wird nach dem Querschnitt dieser Laschen vorgenommen. Bei einem Nietdurchmesser von  $d = 2,0$  cm und  $k_L = 1,5 \cdot k_s$  ist hier, da  $d < 2\delta$ , die Nietzahl auf Abscherung zu berechnen. Für die kleinere Lasche mit  $f = 12 \cdot 1,2 = 14,4$  qcm ist

$$n' = \frac{f}{\frac{d_2 \cdot \pi}{4}} = \frac{14,4}{3,14} = 4,6;$$

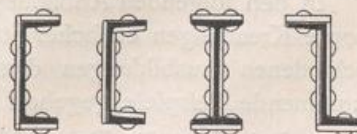
für die größere Lasche mit  $f = 13 \cdot 1,2 = 15,6$  qcm ist

$$n'' = \frac{f}{\frac{d_2 \cdot \pi}{4}} = \frac{15,6}{3,14} = 5.$$

In Abb. 184 bis 186 sind für die kleinere Lasche 5, für die größere 6 Nieten gewählt, die in 2 Reihen verschränkt angeordnet sind. Hierbei muß der Abstand der Nieten vom Rande bzw. von der Ausrundung des Winkelisens 1,5 bis  $2d$  betragen.

Ganz ähnlich wird der Stoß der anderen Profileisen ausgebildet und berechnet. In den Abb. 187 bis 190 sind einige Stoßanordnungen von Profileisen im Querschnitt dargestellt. Hierbei sind bei den Anordnungen der Abb. 188 bis 190 die

Abb. 187 bis 190. Stoßanordnungen von Profileisen.





Stege der Profile beiderseits gestoßen, was mit Rücksicht auf eine zentrische Kraftübertragung sehr zu empfehlen ist. Ferner hat diese beiderseitige Deckung des Stoßes den Vorteil, den Eintritt von Wasser und Feuchtigkeit in die Stoßfuge zu verhindern oder wenigstens zu erschweren.

Abb. 191 bis 193. Stoßanordnungen zusammengesetzter Querschnitte.

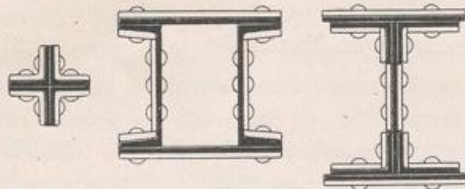
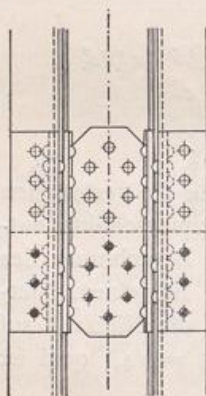
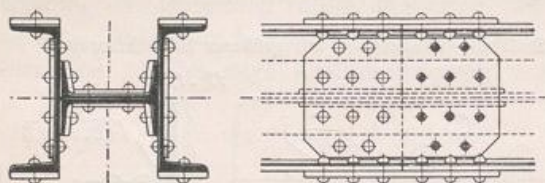


Abb. 194 bis 196. Stoß einer aus vier C-Eisen zusammengesetzten Stütze.



## § 17. Eck- und Anschlußverbindungen sowie Kreuzungen von Konstruktionsteilen.

1. Allgemeines und Gesichtspunkte für die konstruktive Ausbildung. Die Verbindungen und Anschlu e von Stäben sollen möglichst auf einfache Art erfolgen unter Verwendung von Laschen, Befestigungswinkeln, Knotenblechen usw. Als Verbindungsmittel kommen meist Niete zur Verwendung, die tunlichst nur auf Abscherung und Lochleibungsdruck zur Wirkung kommen sollen; auf Zug beanspruchte Niete geben meist schlechte Stellen der Verbindung ab und sind deshalb, wenn möglich, zu vermeiden. In solchen Fällen sollte man besser Schraubenverbindungen den Vorzug geben. Hat die Anschlußverbindung Kräfte von dem einen Konstruktionsteil in den andern zu übertragen, so ist eine zur Krafrichtung symmetrische Ausbildung des Anschlusses anzustreben; doch lässt sich dies in allen Fällen nicht immer erreichen.

Beim Kreuzen zweier, in einer Ebene liegenden Stäbe lässt man an der Kreuzungsstelle den einen dieser Stäbe durchgehen, während man den anderen nach den früher angegebenen Methoden seinem Zweck und seinem Querschnitt entsprechend st o t. Oft kommen bei den Kreuzungen auch Knotenbleche zur Verwendung. Sollen die sich kreuzenden Stäbe unabhängig voneinander sich bewegen können, so ist natürlich eine feste Verbindung der beiden Stäbe an der Kreuzungsstelle ausgeschlossen und die Konstruktion entsprechend auszubilden.

In den folgenden Abbildungen seien einige Beispiele von Eck- und Endverbindungen sowie Kreuzungen einfacher Stäbe gegeben; wegen der allzugroßen Möglichkeit der verschiedenen Ausbildungen dieser Konstruktionen können hier nur einige öfters vorkommende Beispiele gegeben werden.

2. Beispiele für Eckverbindungen. In den folgenden Abbildungen sind Eckverbindungen dargestellt, deren Konstruktionen durch die Figuren sich selbst erklären.

2. Beispiele für Eckverbindungen. In den folgenden Abbildungen sind Eckverbindungen dargestellt, deren Konstruktionen durch die Figuren sich selbst erklären.



Abb. 197 stellt die Verbindung zweier hochkantig stehender, die Abb. 198 u. 199 diejenigen zweier in einer Ebene liegender Flacheisen dar. In Abb. 198 ist das eine Flacheisen über das andere gekröpft, während in Abb. 199 die beiden Flacheisen auf Gehrung

Abb. 197. Eckverbindung zweier hochkantig stehender Flacheisen. M. 1 : 20.



Abb. 198 u. 199. Eckverbindungen zweier in einer Ebene liegender Flacheisen. M. 1 : 20.

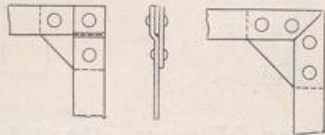
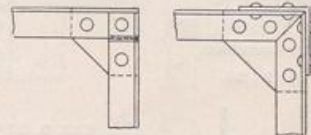


Abb. 200 u. 201. Eckverbindungen zweier Winkeleisen. M. 1 : 20.



zugeschnitten sind. Bei diesen beiden letzten Anordnungen sind, wie bei allen folgenden Eckverbindungen, Knotenbleche (Eckbleche) zur Verwendung gekommen. Die Abb. 200 u. 201 veranschaulichen die entsprechenden Verbindungen zweier Winkel-

Abb. 202 bis 206. Eckverbindungen zweier C-Eisen. M. 1 : 20.

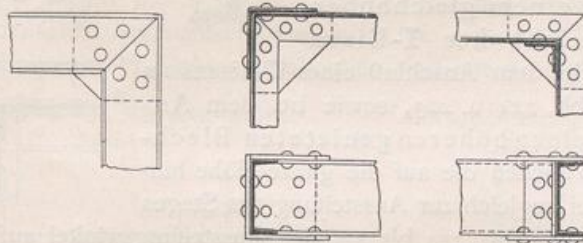
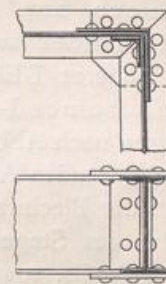


Abb. 207 u. 208. Eckverbindung zweier I-Eisen. M. 1 : 20.



eisen, während die Abb. 202 bis 206 Eckverbindungen von C-Eisen und Abb. 207 u. 208 diejenigen zweier I-Eisen angeben.

3. Beispiele für End- oder Anschlußverbindungen. Auch hier ist den Abbildungen wenig beizufügen. Abb. 209 bis 211 zeigen den Anschluß zweier Flacheisen, die ersteren hochkantig stehend, die letzteren in einer Ebene liegend.

Abb. 209 bis 211. Anschluß zweier Flacheisen. M. 1 : 20.

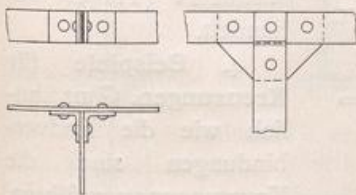


Abb. 212 u. 213. Anschluß zweier Winkeleisen. M. 1 : 20.

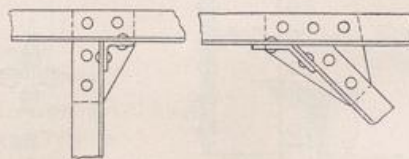


Abb. 214 u. 215. Anschluß zweier L-Eisen. M. 1 : 20.

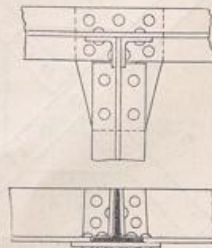


Abb. 212 stellt einen rechtwinkligen, Abb. 213 einen schiefen Anschluß zweier Winkeleisen dar. Der Anschluß zweier L-Eisen nach Abb. 214 u. 215 wurde mit Hilfe eines unter die beiden Horizontalfanschen genietetes Knotenbleches erreicht, wobei die Flanschen des angeschlossenen Profils entsprechend abgeschnitten werden mußten, um die Stege mit Winkeleisen verbinden zu können. Die Verbindung der beiden



Sprosseneisen nach Abb. 216 u. 217 wurde ermöglicht durch Anfeilen zweier Stifte an den Steg des einen Profils, die wie versenkte oder halbversenkte Niete durch Zusammenstauchen in entsprechenden Löchern des anderen Profils befestigt wurden. Die Horizontalflansche der beiden Profile sind auf Gehrung zugeschnitten.

Abb. 216 u. 217.  
Verbindung zweier Sprosseneisen.  
M. 1 : 20.

Abb. 218 u. 219. Verbindung eines I-Eisens mit einem C-Eisen. M. 1 : 20.



Abb. 220 u. 221. Verbindung zweier I-Eisen. M. 1 : 20.

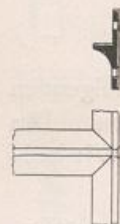
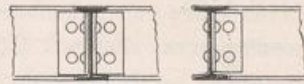


Abb. 222 u. 223. Anschluß eines C-Eisens an ein höheres I-Eisen. M. 1 : 20.

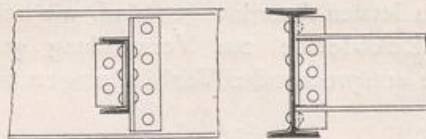
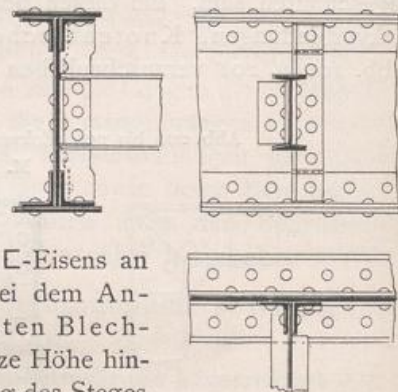


Abb. 224 bis 226. Anschluß eines I-Eisens an einen Blechträger. M. 1 : 20.



Aus den Abb. 218 bis 221 sind die Verbindungen eines I-Eisens mit einem gleichhohen C-Eisen bzw. zweier gleichhoher I-Eisen miteinander zu ersehen. Bei dem Anschluß eines C-Eisens an ein höheres I-Eisen nach Abb. 222 u. 223, sowie bei dem Anschluß eines I-Profils an einen höheren genieteten Blechträger nach Abb. 224 bis 226 dienen die auf die ganze Höhe hindurchgehenden Anschlußwinkel zugleich zur Aussteifung des Steges bzw. der Blechwand. Damit bei Abb. 224 bis 226 der Aussteifungswinkel auf die ganze Höhe des Steges durchgehen kann, ist ein Abschneiden der betreffenden Flanschen des I-Profils, sowie ein Überkröpfen über die Gurtungswinkel erforderlich; die Kröpfungen hätten auch durch Unterlegung eines Futterbleches von der Stärke der Gurtungswinkel vermieden werden können. Um bei Übertragung größerer Kräfte noch eine bessere Aussteifung zu erzielen, bringt man oft auch auf der Außenseite des Blechträgers noch

Abb. 227 bis 230. Kreuzungen von in einer Ebene liegender Flacheisen.

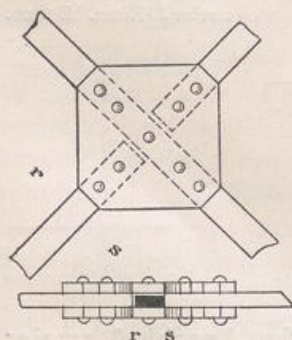
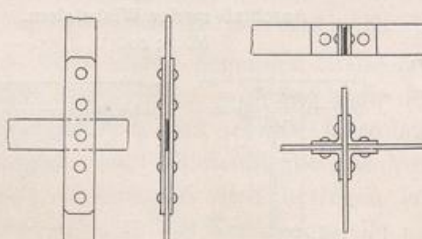


Abb. 231. Hochkantig sich kreuzende Flacheisen.



Kreuzungen von in einer Ebene liegender Flacheisen siehe Abb. 227 bis 230, diejenigen zweier hochkantig sich kreuzender Flacheisen Abb. 231.

einen oder zwei Versteifungswinkel an. Weitere Anschlüsse dieser Art werden noch in Abschnitt IV (Träger) behandelt.

**4. Beispiele für Kreuzungen.** Ganz ähnlich wie die Endverbindungen sind die Kreuzungen auszuführen.

Die Abb. 232 bis 236 stellen die Kreuzungen von Winkleisen dar. Bei der ersten dieser drei Anordnungen liegen die Flanschen der Winkel nach entgegengesetzten Seiten und können die Winkel deshalb direkt aneinander vorbeigeführt werden. Soll eine Bewegung dieser Winkleisen gegeneinander möglich sein, so bleibt das Niet weg.



Dies gilt auch für Abb. 229. Die Kreuzungen der Winkeleisen nach Abb. 235 und 236 sind durch Knotenbleche erzielt. Bei der letzten dieser Anordnungen ist eine besondere

Abb. 232 bis 236. Kreuzungen von Winkeleisen.

Abb. 232 u. 233.

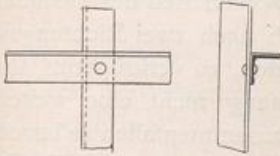


Abb. 234.

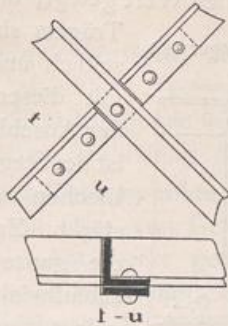
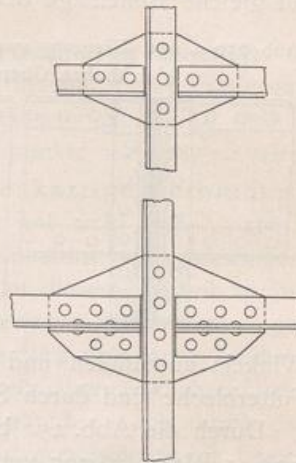


Abb. 235 u. 236.



Entlastung der abstehenden Flansche der gestoßenen Winkel vorgenommen, was namentlich bei größeren Winkeln mit größerer Kraftübertragung zu empfehlen ist.

Die Abb. 237 bis 239 zeigen analoge Kreuzungen von L-Eisen bzw. von C-Eisen. Abb. 240 bis 242 zeigen die Kreuzung zweier gleich hoher C-Eisen, Abb. 243 bis 245 diejenige zweier gleich hoher I-Eisen. In beiden Fällen sind die Flansche der angeschlossenen Profile abzuschneiden; bei Abb. 243 bis 245 sind die abgeschnittenen Flansche durch oben und unten aufgelegte Platten (Kontinuitäts-

Abb. 237 u. 238. Kreuzung zweier L-Eisen.

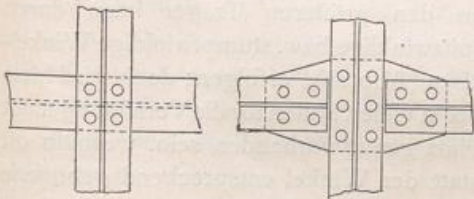


Abb. 239. Kreuzung zweier C-Eisen.

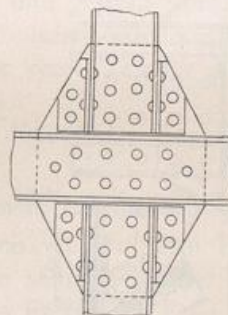


Abb. 240 bis 242. Kreuzung zweier gleich hoher C-Eisen.

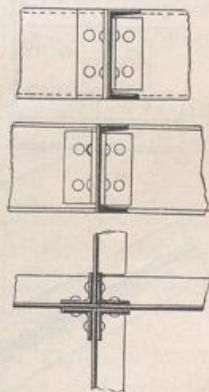


Abb. 243 bis 245. Kreuzung zweier gleich hoher I-Eisen.

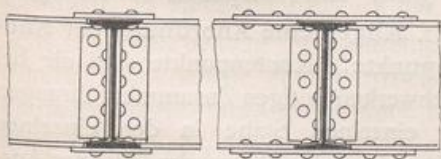


Abb. 248 u. 249. Kreuzung von I-Trägern mit höheren Trägern.

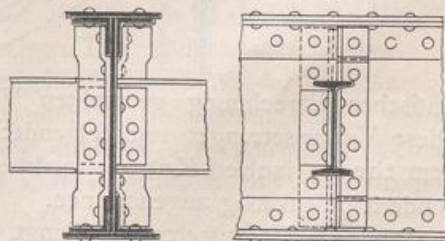
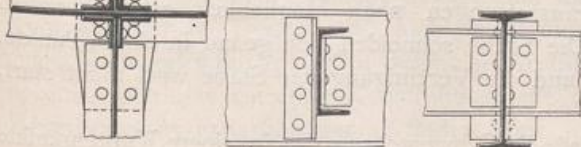


Abb. 246 u. 247. Kreuzung von C-Eisen mit höheren Trägern.



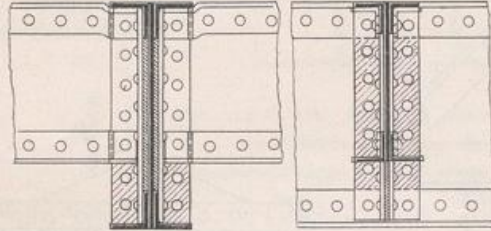
platten) besonders gestoßen. Abb. 246 bis 249 stellen Kreuzungen von C- bzw. I-Eisen mit höheren Trägern dar; die jeweils auf die ganze Höhe durchgehenden Anschlußwinkel dienen zur Aussteifung des Steges bzw. der Blechwand der höheren Träger. In Abb. 248



u. 249 sind diese Versteifungswinkel gegeneinander versetzt und die betreffenden Profilflanschen entsprechend abgeschnitten; oben und unten sind die Versteifungswinkel über die Gurtungswinkel verkr pft.

Bei der durch Abb. 250 u. 251 dargestellten Kreuzung zweier Blechträger ist auf gleiche Höhenlage der Oberkanten Wert gelegt; die oberen Winkeleisen des kleineren

Abb. 250 u. 251. Kreuzung zweier Blechträger mit gleichhohen Oberkanten.

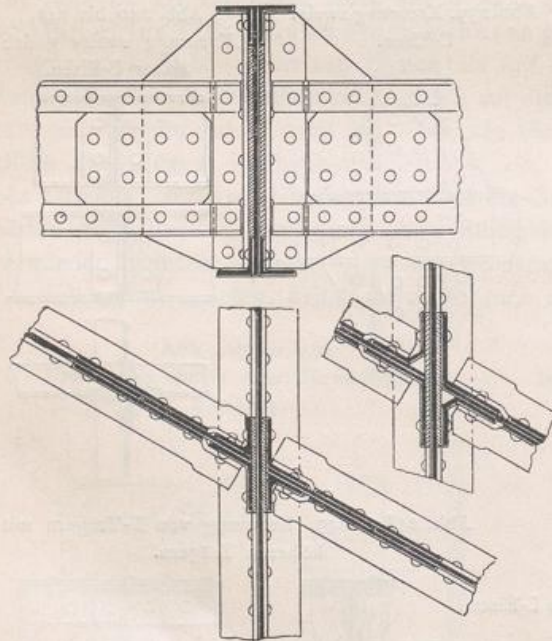


Trägers sind deshalb nach zwei Richtungen, seitlich und nach unten, zu verkr pfen. Um mit dieser Verkr pfung nicht eine weitere der Anschlußwinkel zusammenfallen zu lassen, ist der Steg des höheren Trägers mittels Futterblechen auf die Dicke der Winkeleisenverst rkt. Zwischen dem unteren Teil der auf die ganze Trägerhöhe durchgehenden Anschlußwinkel sind ebenfalls Futterst cke eingelegt, um den Hohlraum zwischen den

Winkeln auszuf llen und eine Vernietung dieser Schenkel vornehmen zu können. Die Futterbleche sind durch Schraffurierung in den Abbildungen besonders gekennzeichnet.

Durch die Abb. 252 bis 254 wird eine schiefe Kreuzung zweier verschieden hoher Blechträger veranschaulicht. Die kleineren Träger sind zunächst an größere

Abb. 252 bis 254. Schiefe Kreuzung zweier verschieden hoher Blechträger.



Anschlu bleche angeschlossen, wobei der Stoß der Stege an diese Anschlu bleche jeweils durch beiderseits aufgelegte Laschen vermittelt wird. Der Anschluß an den größeren Träger kann durch spitzwinklige bzw. stumpfwinklige Winkeleisen (Abb. 253) erfolgen; doch wird hierbei in vielen Fällen für die Vernietung nicht Platz genug vorhanden sein, weshalb oft statt der Winkel entsprechend gebogene Bleche verwendet werden (Abb. 254). Weitere Kreuzungen und deren Berechnung siehe im Abschnitt IV (Träger).

##   18. Knotenpunktbildung.

1. Allgemeine Anordnung der Knotenpunkte. Knotenpunkte sind die bei Fachwerken nötigen Zusammenführungen der einzelnen Stäbe in den einzelnen Eckpunkten der Fachwerke. Bei der Ausbildung dieser Knotenpunkte ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die bei der

statischen Berechnung gemachten Voraussetzungen nach Möglichkeit erfüllt werden. Diese Voraussetzungen sind folgende: Die Stäbe schneiden sich genau in einem Punkte, dem theoretischen Knotenpunkte, und die Vereinigung der Stäbe wird nicht starr, sondern gelenkartig angenommen.

Die erste Voraussetzung verlangt, daß die Schwerachsen der in einem Knotenpunkte zusammenkommenden Stäbe sich genau in dem theoretischen Knotenpunkte schneiden und daß die Anschlüsse der einzelnen Stäbe symmetrisch zu diesen Schwerachsen ausgebildet werden. Ist diese Forderung nicht erfüllt, so treten neben den durch die



Berechnung ermittelten Zug- oder Druckspannungen noch Biegungsspannungen in den betreffenden exzentrisch angeschlossenen Stäben auf. Ferner sind die Anschlüsse der einzelnen Stäbe so zu konstruieren, daß die größten Stabkräfte sicher in den Knotenpunkt überführt werden können. Es muß deshalb für die Anschlüsse in jeder Beziehung mindestens die gleiche Festigkeit vorhanden sein, wie für die betreffenden Stäbe selbst.

Was die zweite Forderung des gelenkartigen, drehbaren Anschlusses anbetrifft, so ist hierzu zu bemerken, daß eine tatsächliche, einwandfreie Erfüllung dieser Forderung nicht leicht und nur bei kleineren Konstruktionen einigermaßen möglich ist, so daß in Deutschland fast durchweg eine starre Ausbildung der Knotenpunkte vorgezogen wird.

**2. Gelenkartige Ausbildung der Knotenpunkte.** Die gelenkartige Verbindung für Stäbe zu einem Knotenpunkt mit Hilfe von Gelenkbolzen hat wohl den Vorteil, daß sie der bei der Berechnung der Fachwerke gemachten Annahme von gelenkigen, reibungslosen Knotenpunkten am nächsten kommt; doch ist zu diesem Vorteil zu bemerken, daß er tatsächlich nur bei kleineren Fachwerken mit geringen Stabkräften in gewissem Maße auch vorhanden ist. Durch die mit der Größe der Kräfte zunehmende Reibung in den Gelenkbolzen-Verbindungen wird nämlich die Möglichkeit einer wirklichen Drehbarkeit mit dem Zunehmen der Stabkräfte immer mehr beschränkt. Auch durch das Verrosten der Gelenke wird die Drehung der einzelnen Teile gegeneinander oft beeinträchtigt, so daß man den Vorteil der Drehbarkeit der Gelenkknotenpunkte nicht so hoch anrechnen darf, ja sogar meist in Frage stellen muß.

Dagegen ist als tatsächlich vorhandener Vorteil der gelenkartigen Knotenpunkte die rasche Aufstellung (»Montage«) zu erwähnen; denn alle einzelnen Teile der Konstruktion können im Werk fertig hergestellt und geprüft werden, so daß auf der Baustelle nur die Zusammenfügung der Gelenkbolzen-Verbindung übrig bleibt. Für eine schnell auszuführende Montage bzw. bei sehr kurzer Zeit für die Aufstellung kann dieser letzte Vorteil an Bedeutung gewinnen.

Doch sind dem gegenüber wesentliche Nachteile der Gelenkbolzen-Verbindungen anzuführen:

1. Die seitliche Steifigkeit der Knotenpunkte ist eine sehr geringe.
2. Die ganze Sicherheit der Konstruktion ist für jeden Knotenpunkt von einem Konstruktionsteil abhängig, von dem Bolzen selbst oder der augenartigen Ausbildung der Stäbe. Wird an irgend einer Stelle des Fachwerks einer dieser Konstruktionsteile schadhaf, so steht der Einsturz der betreffenden Konstruktion unmittelbar bevor.
3. Die Bearbeitung der einzelnen Stabenden und der Bolzen muß genau übereinstimmen; eine solche genaue Arbeit ist jedoch schwierig und kostspielig und erfordert besondere eigens dazu geschaffene maschinelle Einrichtungen. Arbeitsfehler wirken sehr ungünstig.
4. Schließlich ist bei wechselnder Belastung mit der Zeit ein Lockerwerden der Gelenkbolzen-Verbindung durch Abarbeiten der einzelnen Teile nicht ausgeschlossen.

Diese wesentlichen Nachteile lassen eine allgemeine Verwendung der gelenkartigen Knotenpunkte in Deutschland nicht aufkommen; nur in besonderen Fällen werden ganze Fachwerkskonstruktionen gelenkige Ausbildung erfahren. Dagegen werden Gelenkbolzen-Anschlüsse einzelner Konstruktionsteile wie z. B. Zugstangen von Bogendächern, Verankerungen usw. häufiger zu finden sein.

Die Berechnung der Gelenkbolzen-Anschlüsse schließt sich eng an diejenige der Gelenkbolzen § 14, 1, e an, weshalb an dieser Stelle hierauf nicht mehr näher eingegangen werden soll. Abb. 255 u. 256 stellt einen gelenkartigen Knotenpunkt der



Bahnhofshalle: »Zoologischer Garten« in Berlin dar. Weitere Anordnungen siehe in Abschnitt V (Dachkonstruktionen).

Abb. 255 u. 256. Gelenkartiger Knotenpunkt.

Abb. 255. Ansicht.

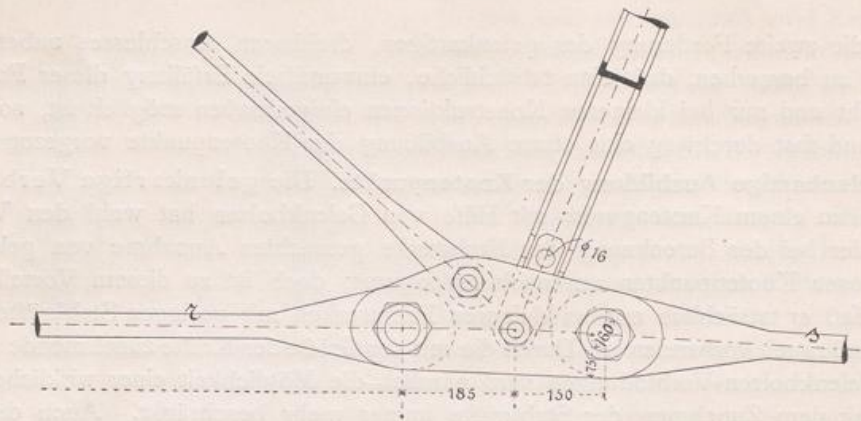
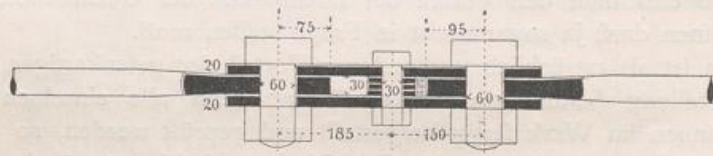


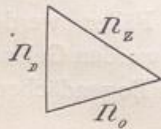
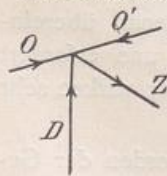
Abb. 256. Schnitt r s.



**3. Vernietete Knotenpunkte.** Bei der Konstruktion der vernieteten Knotenpunkte, also solcher Knotenpunkte, bei denen jeder Stab durch Niete angeschlossen ist, sind folgende Regeln zu beachten:

1. Mit Rücksicht auf eine reine Übertragung der Zug- und Druckkräfte der Stäbe ohne Biegungsspannungen, d. h. eine zentrische Kraftwirkung, müssen sich die Stabachsen der einzelnen Stäbe in einem Punkte, dem theoretischen Knotenpunkte, genau schneiden.

Abb. 257 u. 258.  
Knotenpunktsbildung,  
Anschluß von  
Zwischenstäben.



2. Die Anzahl der Anschlußniete eines jeden Stabes ist so zu bemessen, daß die Festigkeit des Anschlusses (Zahl und Anordnung der Niete, Blechstärke usw.) mindestens gleich der Nutzfestigkeit des betreffenden Stabes ist. Zwecks Berechnung der einzelnen Nietanschlüsse in dieser Hinsicht wird auf § 13, 3, e verwiesen.

Sind mehrere Stäbe mit einem über den Knotenpunkt durchlaufenden Stab, z. B. bei einem Fachwerk mehrere Zwischenstäbe mit einem durchgehenden Gurtstab (Abb. 257) zu verbinden, so ist jeder Zwischenstab mit der seiner größten Stabkraft entsprechenden Nietzahl an das Knotenblech anzuschließen und dieses selbst durch die resultierende Nietzahl aus diesen Einzelanschlüssen der Zwischenstäbe mit dem durchlaufenden Gurtstab zu verbinden. Diese resultierende Nietzahl kann bestimmt werden durch graphische Zusammensetzung der Nietanzahlen für die Zwischenstäbe, wobei diese Nietzahlen maßstäblich in der Richtung der Stäbe anzutragen sind (Abb. 258). Die Anzahl  $n_o$  für den Anschluß des Knotenblechs entspricht der Differenz der Stabkräfte  $O$  und  $O'$ , wenn diese in eine



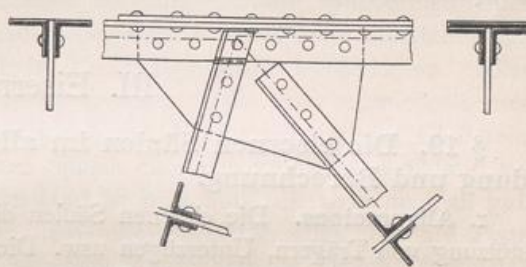
Richtung fallen. Liegt in dem Knotenpunkt ein Stoß des Gurtstabs, so kommen zu den Anschlußnieten noch die entsprechenden Stoßniete hinzu.

3. Jeder Querschnittsteil (Steg, Flansch usw.) muß für sich mit der seinem Querschnitt entsprechenden Nietanzahl angeschlossen werden; die Gesamtzahl der Anschlußniete ist also demgemäß auf die einzelnen Querschnittsteile zu verteilen. Ferner sind viele Niete in einer Reihe hintereinander zu vermeiden; der Anschluß eines größeren Winkleisens oder  $\Gamma$ -Eisens wird daher zweckmäßig ähnlich wie in den Abb. 236 u. 239 vorgenommen, indem die abstehenden Flanschen besonders entlastet werden.

4. Der Anschluß eines Stabes mit einem Niet ist unzulässig, selbst wenn die Rechnung auch nicht mehr ergibt; man wird mindestens immer ein weiteres Niet zugeben. Nur bei ganz untergeordneten Konstruktionsteilen, die keine besonderen Kräfte zu übertragen haben und bei denen eine weitere Befestigung nicht gut möglich und nicht nötig ist, mag ein Niet genügen wie z. B. bei einigen der im § 16 gegebenen Eck- und Anschlußverbindungen.

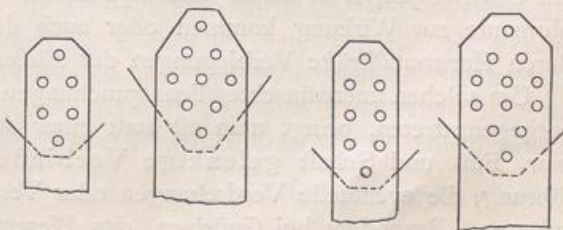
5. Wenn sich in einem Knotenpunkt die Stärke eines über diesen Knotenpunkt weitergehenden Stabes ändert, wie dies bei Gurtstäben von Fachwerken oft der Fall ist (z. B. bei Verstärkung eines Stabes durch Zulegen einer Deckplatte), so muß die im Knotenpunkt beginnende Deckplatte über den theoretischen Knotenpunkt so weit hinausgehen, daß sie schon vor dem Knotenpunkt mit ihrem Nutzquerschnitt angeschlossen ist und so bei Beginn des verstärkten Stabes, also vom theoretischen Knotenpunkt ab, schon mit ihrem vollen Querschnitt wirken kann. Die Schwerpunkte der beiden Gurtstäbe stimmen hierbei nicht mehr überein, und als theoretischer Knotenpunkt, nach welchem die Zwischenstäbe zu führen sind, wird in einem solchen Falle gewöhnlich die Mitte zwischen den beiden versetzten Achsen der Gurtstäbe angenommen. Abb. 259 zeigt eine solche Anordnung.

Abb. 259. Knotenpunkt bei Änderung der Stärke eines durchgehenden Gurtstabes.



6. Bei dem Anschluß von Flacheisen, Blechen oder Stegen von Profileisen setzt man zweckmäßig die Niete so, daß ein möglichst geringer Querschnittsteil für Nietenschwächung abzurechnen ist. Wenn z. B. in der ersten Reihe nur ein Niet und in der zweiten zwei Niete sitzen, dann ist in der zweiten Nietreihe auch nur eine Querschnittsschwächung für ein Niet zu berücksichtigen, da durch das Niet in der ersten Reihe schon eine Nietkraft abgeführt, die Stabkraft in der zweiten Nietreihe also um eine Nietkraft geringer ist. Die dritte Reihe kann dann bis zu vier Niete erhalten, um auch in dieser Reihe nur eine Nietenschwächung für ein Niet zu haben. Solche in dieser Hinsicht zweckmäßige Nietanschlüsse sind in den Abb. 260 bis 263 dargestellt.

Abb. 260 bis 263. Zweckmäßige Nietanschlüsse.



7. Der Anschluß von Flacheisen an Knotenbleche soll möglichst mittels zweischnittiger Nietverbindungen mit zentrischer Kraftübertragung vorgenommen werden. Hat man ein Flacheisen an ein Knotenblech anzuschließen, so wähle man deshalb eine zweischnittige Verlaschung (Abb. 264). Zweischnittige Anschlüsse lassen sich auch erzielen,



indem man ein Flacheisen an ein doppeltes Knotenblech (Abb. 265) oder ein zweiteiliges Flacheisen an ein einfaches Knotenblech (Abb. 266) anschließt. Bei zweiteiligem Flacheisen und doppeltem Knotenblech könnte man nach

Abb. 264 bis 267. Anschluß von Flacheisen an Knotenbleche.

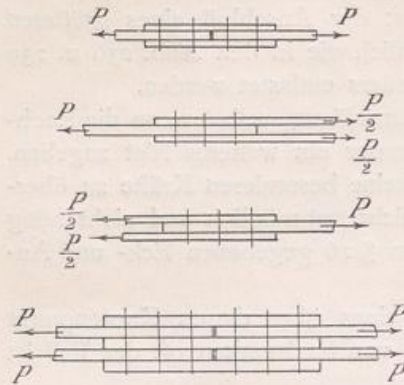


Abb. 267 drei Laschen zum Anschluß verwenden.

8. Bei den Anschlüssen von Profileisen oder Stäben zusammengesetzten Querschnitts sind mit Rücksicht auf eine geringe Nietschw chung die Niete in den Stegen und Flanschen gegeneinander zu versetzen, so daß in einem Querschnitt möglichst wenig Niete zusammenfallen. Dieser Grundsatz ist auch bei der Bildung der Stöße (§ 16) sowie bei den Anschlüssen und Kreuzungen (§ 17) nach Möglichkeit eingehalten worden; es sei auf die betreffenden Abbildungen verwiesen.

Weitere Anordnungen von Knotenpunkten werden im Abschnitt der Dachkonstruktionen besprochen. Betreffs der Wahl der Nietdurchmesser und Nietabst nde, sowie der Berechnung der Nietanzahl wird auf § 13, 3 verwiesen; einzelne Beispiele sind bei den Dachkonstruktionen zu finden.

### III. Eiserne Säulen.

#### § 19. Die eisernen Säulen im allgemeinen, deren Material, Verwendung und Berechnung.

1. **Allgemeines.** Die eisernen Säulen dienen im Hochbau hauptsächlich zur Unterstützung von Trägern, Unterzügen usw. Die Hauptbestandteile der Säulen sind Säulenkopf, Fuß und Schaft. Die Belastung der Säulen soll möglichst zentrisch erfolgen, damit möglichst gleichmäßige Druckspannungen auftreten. Wirken die Lasten exzentrisch, d. h. außerhalb der S ulennachse, so treten neben den Druckbeanspruchungen noch Biegungsspannungen auf. Zu der durch die Belastungsart bedingten Berechnung der Säule auf Druck bzw. Druck und Biegung ist noch der Nachweis für die erforderliche Knicksicherheit zu liefern. Exzentrische Beanspruchungen des S ulenschaftes, d. h. Druck- und Biegungsspannungen werden besonders dann vorhanden sein, wenn am S ulenkopfe, z. B. durch einseitige Belastung durchgehender Träger, Einspannungsmomente zur Wirkung kommen oder auch durch Längsausdehnung der Träger bzw. durch Horizontalkräfte Verbiegungen der Säulenschäfte auftreten.

Um solchen unerwünschten Beanspruchungen des S ulenschaftes bei lotrechter Belastung entgegenzutreten, bringt man oft statt einer starren Verbindung von Kopf und Schaft bzw. Fuß und Schaft gelenkige Verbindungen dieser einzelnen Teile zur Ausführung, die eventuelle Verdrehungen oder Verschiebungen des Kopfes gegen den Fuß zulassen. Besonders bei Gußeisen, das Biegungsspannungen nur schlecht widerstehen kann, ist eine solche Anordnung sehr zu empfehlen. Solche Säulen mit Kopf- und Fußgelenke werden Pendels ulen genannt.

2. **Material und Verwendung der Säulen.** Die Säulen können entweder aus Gußeisen oder Schmiedeeisen hergestellt werden. Das Gußeisen ist für zentrisch belastete recht gut geeignet; es kann deshalb ohne Bedenken zu Säulen Verwendung finden, bei denen durch die Art der Belastung oder durch gelenkige Kopf- und Fuausbildungen exzentrische Kraftwirkungen und ferner größere Stoßwirkungen ausgeschlossen sind. Guß-