

3. Abschnitt.

Constructions-Elemente in Eisen.

Von G. BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eisentheilen.

Eiserne Constructionstheile werden in sehr verschiedener Weise mit einander verbunden. Das Zusammenschweißen von Eisen und Stahl kommt an dieser Stelle nicht in Frage; hauptsächlich werden es die Verbindungen mittels Niete, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und Splinte sein, deren Betrachtung die Hauptaufgabe des vorliegenden Kapitels ist.

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

Niete dienen zur mechanischen Verbindung von Eisentheilen, wie auch einiger anderen Metalle; doch kommt die Vernietung nirgends in so ausgedehntem Maße in Anwendung, wie beim Eisen. Die Grundsätze der Vernietung sind hier verschieden, je nachdem diese in erster Linie bestimmt ist, Kräfte zu übertragen oder die Fuge der vernieteten Theile so zu schließen, daß Flüssigkeiten oder Gase selbst unter Druck stehend nicht durchdringen können. Man unterscheidet daher Kraftnietungen und Nietungen auf Dichtigkeit.

Die Vernietung besteht darin, daß in je zwei einander in jeder Beziehung genau entsprechende, kreisrunde Löcher der beiden zu vernietenden Theile ein den Lochdurchmesser an Stärke nicht ganz erreichender, weißglühender Bolzen eingesteckt wird, dessen hinteres Ende einen ringförmig vorstehenden Kopf, den sog. Setzkopf, trägt; dieser legt, mit leichtem Hammerschlage angetrieben, die Stellung des Nietbolzens im Loche fest. Am anderen Ende steht der Bolzen so weit aus dem Loche hervor, daß durch Umschmieden mittels Zuschlag- und Gefenkhämmer (Schellhammer) ein ähnlicher Kopf, wie der oben erwähnte, der sog. Schließkopf, nachträglich aus dem weißglühenden Bolzen hergestellt werden kann; die Länge des Bolzens muß von vornherein auf die Dicke aller auf einander zu nietenden Theile und auf die richtige Ausbildung des Schließkopfes bemessen sein.

Zu kurze Niete geben unvollkommene Köpfe; bei zu langen vermag der Gefenkhämmer das überschüssige Material nicht zu fassen; dasselbe quillt seitlich hervor, und die so entstehende unregelmäßige Kopfform verkürzt die verlangte Tragfähigkeit nicht, wenn das Antreiben recht scharf erfolgt.

189.
Warme
Nietung.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhämmer vor den Flächen der vernieteten Theile vorfringend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrischen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Gestalt eines abgestumpften Kegels, mit der grösseren Endfläche in der Aussenfläche der zu nietenden Theile, geben und den Bolzen so lang machen, dass er, mit Zuschlaghämmern niedergefchmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf solche Weise entstehen die versenkten Niete (siehe Fig. 405).

Nach Ausbildung des Schlieskopfes ist ein Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anstauchung beim Ausbilden des Schlieskopfes das Loch aus, legt sich auch mit den Ringflächen der Köpfe so eng an die Flächen der vernieteten Theile an, dass man selbst mit scharfen Instrumenten nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da dieser Zustand hergestellt wird, während der Niet noch heiss ist, dieser sich aber bei weiterer Erkältung noch zusammenzieht, d. h. verkürzt, so werden die zu vernietenden Theile beim Erkalten immer fester auf einander gepresst, und es entsteht eine Reibung zwischen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um ein Auseinanderziehen der vernieteten Theile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schlieskopfes schwere Hammerschläge erforderlich sind, so ist Vernietung bei solchen Materialien ausgeschlossen, welche Hammerschläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gusseisen. Es beschränkt sich also die Möglichkeit der Nietung von Eisentheilen auf Schmiedeeisen und Flusseisen (Stahl). Eben so ist selbstverständlich warme Nietung bei allen Materialien ausgeschlossen, welche bei Berührung mit weisglühendem Eisen verbrennen, schmelzen oder sonst zerstört werden.

Nicht alle Eisennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmesser unter 6 bis 7 mm, so werden die dünnen Schäfte durch Weisglühhitze zu stark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung solcher Masse stellt man die Niete aus weichem Eisen her und schmiedet den Schlieskopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen sind wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

Die Nietlöcher sollen der Regel nach genau kreisrund und völlig cylindrisch fein; auch sollen die zusammengehörenden Löcher in den zu verbindenden Theilen ohne Abweichung über einander liegen. Geringe Ungenauigkeiten in letzterer Beziehung sollen durch Ausreiben mit der Reibahle, nicht durch das so beliebte Auftreiben mittels conischen Stahldornes beseitigt werden. Das Herstellen der Nietlöcher oder das sog. Lochen erfolgt mittels Durchstosmaschinen oder durch Bohren.

Das Ausstossen oder Punzen der Nietlöcher ist zwar sehr bequem und an Zeit- und Geldverbrauch sparsam, ruft aber anderweitige Mifsstände hervor, welche eine wirklich gute Vernietung sehr erschweren.

Zunächst wird das Material in der Umgebung des Loches durch die grossen Scherspannungen, welche am Lochrande selbst bis zur Zerstörung steigen müssen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigt; schmale Eisentheile werden beim Lochen nach Länge und Breite aus einander gedrückt, so dass der Rand wellenförmig und die richtig hergestellte Niettheilung zu weit wird. Es ist daher ganz unzulässig, schmale schwache Eisen (Bandeisen, Winkelleisen, schwache E-Eisen etc.) zu lochen; sie müssen die Löcher auf andere Weise erhalten. Das Lochen ist auf starke Eisenforten (grosse Bleche, Stege starker I-Träger etc.) zu beschränken.

Sodann muss, damit der Dorn sich nicht in die Matrize klemmt, letztere etwas zu weit fein; dadurch bekommen die Löcher eine merklich conische Form (Anzug 1:8), welche nach Zusammenlegung der Theile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher schädliche Aenderungen des Schaftdurchmessers ergibt.

Beim Austreten aus dem Loche lässt der ausgestossene Kern auf der Unterseite am Rande des Loches einen vorfringenden scharfen Grat stehen, während oben der Rand etwas eingedrückt wird; werden diese Unebenheiten, namentlich der Grat am unteren Rande, nicht sorgfältig beseitigt, so sind sie der guten Ausbildung der Nietköpfe und dem dichten Schlusse der Fuge hinderlich.

Bei dem schnellen Fortschritte der Locharbeit ist es schwierig, die schweren Theile stets in die

190.
Kalte
Nietung.

191.
Nietloch.

genau richtige Lage zu bringen; es kommen daher häufig kleine Fehler in der Lochstellung vor, welche gutes Paffen der Löcher und dichten Schluß der Fuge zwischen den zu verbindenden Theilen ausschliessen.

Diese Mifsstände, welche theils schwer, theils gar nicht zu beseitigen sind, lassen es angezeigt erscheinen, wenigstens bei hohen Ansprüchen an die Güte der Arbeit die zeitraubendere und theuerere Art der Herstellung der Löcher durch Bohren vorzuziehen.

Die Löcher werden mit Vertical-Bohrmaschinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefsten Punkte in der Mitte und einer Gesamtbreite gleich dem Lochdurchmesser haben. Es ist leicht, diesen Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochtheilung zu fetzen; er schneidet dann eine kegelförmige Vertiefung, welche so lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmesser hergestellt ist, ohne dafs dabei das umgebende Material erheblich in Mitleidenschaft gezogen würde. Die oben gerügten Mifsstände fallen dabei fort; zwar erzeugt sich auf der Unterseite auch ein leichter Grat; doch ist dieser geringfügig und leicht zu beseitigen.

Der mit dem Setzkopf verfehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an diesem Kopfe den vorgeschriebenen Durchmesser; im Uebrigen ist er etwas conisch gestaltet, damit er ohne Widerstand in das Nietloch getrieben werden kann.

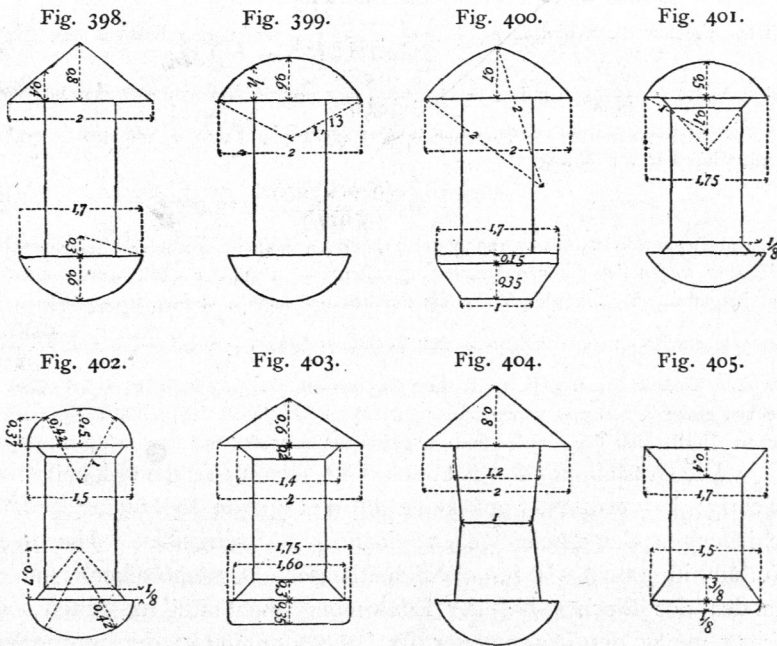
Die Nietköpfe haben verschiedene Form erhalten; gebräuchliche Formen derselben zeigen Fig. 398 bis 405. Die ursprünglich vorhandenen Setzköpfe haben sehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzustellenden Schliefsköpfe.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen Fig. 401 u. 402; Fig. 403 ist ein

halb verfenkter Niet; Fig. 405 zeigt zwei Formen verfenkter Niete, die jedoch an beiden Enden desselben Nietes gleichzeitig selten ausgeführt werden. Besonders gebräuchlich für starke Nietungen ist die Form in Fig. 402, da sie bei schmalen Nietköpfe doch eine große Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaft-

umfangs giebt, deren Abscherungsfestigkeit dem Streben des Nietes beim Erkalten, sich zusammenzuziehen, widerstehen muß. Da die Zusammenziehung aber zugleich den Schaft abzureißen strebt, so wird ein gut geformter Niet in der cylindrischen Abscherungsfläche eben solche Sicherheit haben müssen, wie im Schaftquerschnitt.

Wird die zulässige Scherspannung in dem vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zug-



192. Nietchaft.

193. Nietkopf.

Spannung im Schafte gesetzt, und ist h (Fig. 399) die Höhe des abzufcherenden Cylinders, so muß stattfinden

$$h \, d \, \pi \frac{2}{3} s' = \frac{d^2 \pi}{4} s',$$

woraus als kleinster Werth

$$h = 0,375 \, d$$

folgt. Im festeren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer sein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Verfenkungen mit berücksichtig, sämmtlich grössere Kopfhöhen; offenbar sind aber dreieckige Köpfe ungünstiger, als runde.

194.
Beanspruchung
des
Nietchaftes.

Die Beanspruchung des Schaftes in Folge Verhinderung des Zusammenziehens beim Erkalten hängt von der Temperaturdifferenz zwischen Niet und Umgebung in dem Augenblicke ab, wo der Kopf weit genug ausgebildet ist, um die Bewegung des Nietes zu verhindern. Die Spannung im Schafte entspricht übrigens nicht der ganzen angeftrebten Zusammenziehung; vielmehr drücken sich die genieteten Theile unter dem Drucke des Kopfes in sich zusammen; namentlich werden auch die Fugen zwischen den Blechen geschlossen. Der Niet wird sich also bei der Abkühlung um fo mehr wirklich verkürzen, je mehr schwache Bleche er faßt; seine Spannung wird hoch, wenn er nur wenige starke, dem Schluffe der Fuge großen Widerstand entgegensetzende Bleche verbindet.

Für die meisten Fälle ist die Annahme nicht zu günstig, daß die Hälfte der angeftrebten Zusammenziehung in Folge Nachgebens der Bleche wirklich eintritt.

Ist t (in Graden) der Wärmeunterschied zwischen Niet und Blech im gedachten Augenblicke und $\frac{l}{81200}$ die Längenänderung eines Eifenstabes von der Länge l für 1 Grad Temperaturunterschied, ist ferner $E = 2000000$ kg pro 1 qcm der Elasticitäts-Modul des Eifens; so ist die schließliche Reckung des Nietes, welcher die Schaftlänge l hat, $\frac{1}{2} \cdot \frac{t l}{81200}$, und daraus entsteht eine Zugspannung σ , welche aus $\sigma : E = \frac{1}{2} \cdot \frac{t l}{81200} : l$ mit $\sigma = \frac{1}{2} \cdot \frac{t E}{81200}$ folgt. Soll also der Niet unter diesen Verhältnissen nur bis zur Elasticitäts-Grenze (für Nieteifen etwa 1600 kg pro 1 qcm) beansprucht werden, so darf die Temperaturdifferenz nur betragen

$$t = \frac{1600 \cdot 2 \cdot 81200}{2000000} = 130 \text{ Grad.}$$

Da jedoch der Niet mit etwa 1000 bis 1100 Grad (helle Rothgluth) eingebracht wird, die Umgebung sich aber wegen der guten Wärmeleitung selten bis zu dunkler Gluth erwärmt, so wird bei schnell, d. h. gut hergestelltem Schließkopfe die Elasticitäts-Grenze meist überschritten werden. Der Wärmeunterschied, bei welchem Bruch eintritt (Bruchgrenze höchstens 4000 kg pro 1 qcm) ist $t = \frac{4000 \cdot 2 \cdot 81200}{2000000} = 325 \text{ Grad.}$

Da diese Gefahr namentlich bei starken Blechen auftritt, so empfiehlt es sich, dort die Löcher durch Einstecken glühender Dorne vorzuwärmen, auch dem Niete nur eben die Temperatur zu geben, welche für sichere Herstellung des Kopfes und volle Einsteuchung des Schaftes in das Loch unerläßlich ist.

195.
Ausfüllung
des
Nietloches.

Die Ausfüllung des Nietloches ist sowohl bei Dichtigkeits-, wie Kraftnietungen wichtig: bei ersteren, um keine offenen Fugen zu bieten; bei letzteren, um Verschiebungen der Theile gegen einander zu vermeiden. Hier treten aber ähnliche Verhältnisse auf, wie für die Schaftlänge. Das Loch kann sich wegen des Widerstandes des Bleches bei der Erwärmung nicht frei ausweiten, während der heiße Schaft genau den Durchmesser des Loches annimmt; der warme Niet muß sich mehr zusammenziehen, als sich das Loch im kälteren Bleche verengt; folglich muß eine geringe Fugenöffnung entstehen, welche nach gemachten Versuchen in manchen Fällen allerdings unnachweisbar gering ist, in anderen aber bei guter Ausführung bis zu 2 Procent ⁷⁸⁾, bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Procent ⁷⁹⁾ steigt.

⁷⁸⁾ Siehe: *Railroad gazette* 1884, S. 662.

⁷⁹⁾ Siehe: *Zeitchr. d. Ver. deutsh. Ing.* 1862, S. 308.

In Fällen, wo man der Ausfüllung abfolut ficher fein muß, hat man daher die Löcher leicht conifch ausgerieben, die Nietfchäfte nach demfelben Conus abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schließkopf fehlechter ausfällt, ift wegen der fehlenden Längsfpannung im Schafte ungefährlich.

Uebrigens hört die Möglichkeit des vollen Einftauchens auch warmer Niete in das Loch erfahrungsmäßig auf, wenn die Schaftlänge das Vierfache des Durchmeffers überfteigt.

Sehr vortheilhaft für gute Ausführung der Niete ift die Brechung der Kanten des Loches nach Fig. 401 bis 403, da der fchroffe Uebergang aus dem breiten Kopfe in den dünnen Schaft, welcher bei langen Nieten oft ein Abreißen des Kopfes verurfacht, dadurch gemildert wird und zugleich der Abfcherungscylinder im Kopfe an Höhe bedeutend gewinnt. Für schwere Niete follten diefe Formen ausfchließlic gewählt werden.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe feft aufsitzen, ift daran zu erkennen, dafs ein elaftifch geführter Hammer bei leichtem Schläge auf den Nietkopf zurückschnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und fpringt der Hammer nicht ab, fo ift der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete follten durch Abfprenge eines Kopfes mittels Hammer und Stahlmeißel beseitigt und durch neue erfetzt werden.

Am meiften wird Handnietung angewendet; doch kommt auch, bei ausgedehnten Nietarbeiten an gleichartigen schweren Stücken, Maschinennietung in Anwendung. Ueber die Güte der letzteren find die Anfichten fehr getheilt; Viele behaupten, dafs das schnelle Quetfchen der Niete weniger gute Füllung der Löcher bewirke, als das langfame Stauchen mit der Hand.

Materialverbrauch und Gewicht der Niete werden nach den Tabellen für Rundeifen ermittelt, indem man der Schaftlänge zwischen den Köpfen die Länge von zwei Schaftdurchmeßern für jeden Kopf hinzurechnet.

2) Anordnung der Vernietungen.

Bei der Anordnung und Berechnung von Nietungen kommen die folgenden wefentlichen Punkte in Betracht:

- α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;
- β) die Festigkeit der vernieteten Theile an der durch die Nietlöcher gefchwächten Stelle;
- γ) die Festigkeit derfelben zwischen den letzten Nieten und dem Blechrande;
- δ) die Reibung zwischen den verbundenen Theilen;
- ε) die Festigkeit des Nietbolzens, und
- ζ) der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches.

α) Die Stärke des Bolzens hängt in erfter Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, fo können fie die Bleche nicht genügend auf einander preffen; find fie zu ftark, fo üben fie in Folge ihrer Längsfpannung zerftörende Drücke auf die Bleche aus. Ift d der Nietdurchmeßer, δ die Stärke eines Bleches, fo foll $\frac{d}{\delta}$ zwischen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen. Nach *Winkler* foll der Durchmeßer für Träger von l (Meter) Länge

$$d = (2 + 0,005 l) \text{ Centim.}$$

betragen.

196.
Fertige
Niete.

197.
Gefichtspunkte.

198.
Stärke
des
Nietbolzens.

Die für Bau-Constructionen verwendeten Nietforten beschränken sich gegenwärtig auf Durchmesser von 0,7, 1,2, 1,5, 2,0 und 2,5 cm.

199.
Länge
des
Nietbolzens.

Die Länge der Bolzen bestimmt sich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Theile; jedoch sind die Vernietungen nach dem früher Gefagten so anzuordnen, daß die Schaftlänge das 4-fache des Durchmessers nicht überschreitet. Ist eine größere Länge nicht zu umgehen, so müssen die in Art. 194 u. 195 (S. 136) erwähnten Vorichtsmaßregeln getroffen werden.

200.
Festigkeit
der
vernieteten
Theile.

β) Die Festigkeit des durch die Nietlöcher geschwächten Querschnittes der verbundenen Theile muß schon bei der Festsetzung der Abmessungen der letzteren im Auge behalten werden; denn würden sie genau den wirkfamen Kräften entsprechend bemessen, so würde die Schwächung der Nietlöcher Ueberanstrengungen hervorrufen. Streng genommen muß der Querschnitt eines Constructionsgliedes um so viele Nietlochquerschnitte zu groß gemacht werden, wie in den Verbindungs- oder Anschlußstellen Niete in einen Querschnitt neben einander zu stehen kommen.

Bei große Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird sich der Regel nach aus diesem Gesetze eine ganz unverhältnißmäßige Verstärkung ergeben, wenn man versucht, die erforderlichen Niete sämtlich neben einander zu setzen, eine Anordnung, welche die gleichmäßige Beanspruchung aller Niete zunächst zweckmäßig erscheinen läßt. Man giebt daher letzteren Vortheil meistens auf — in vielen Fällen (in schmalen Bandeisen-, Winkeleisenschenkeln etc.) ist diese Stellung auch unmöglich — und stellt die Niete in n_1 Reihen hinter einander, so daß für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querschnitt in Abzug kommen.

Thatächlich geht man in der Verstärkung noch weiter herunter. Bei gedrückten Theilen nimmt man gewöhnlich an, daß die Schäfte die Löcher vollkommen ausfüllen, somit durch die Niete eben so gut Druck übertragen wird, wie durch das Material selbst, und giebt daher gedrückten Theilen meist gar keine Verstärkung. Dies ist um so mehr zulässig, weil gedrückte Theile gewöhnlich erhebliche Querschnittsvergrößerungen zur Versteifung gegen Zerknicken erhalten, welche in den Anschlüssen oder in Stößen in der Nähe derselben, wo diese Gefahr beseitigt oder vermindert ist, die Schwächung durch Nietlöcher ausgleichen.

In gezogenen Theilen von Bandform beschränkt man, wenn die Form der Theile dies erlaubt, die Nietzahl der ersten Reihe auf 1, die der zweiten auf 2 und so steigend bis zur Mittelreihe und wieder auf 1 abnehmend, bis zur letzten Reihe. Dabei verstärkt man das Band nur um einen Nietlochquerschnitt, indem man annimmt, daß der erste Niet $\frac{1}{n}$ der ganzen Spannkraft an den aufnehmenden Theil abgiebt, man somit in der zweiten Reihe nur noch $\frac{n-1}{n}$ zu übertragen hat, was durch den erst um 1 Loch verstärkten, dann um 2 Löcher verschwächten Querschnitt regelrecht geschieht. Obwohl das wirkliche Eintreten dieser Vertheilung der Kraftübertragung auf die einzelnen Niete durch die Verschiedenheit der elastischen Reckung zwischen der ersten und zweiten Reihe im abgebenden und aufnehmenden Theile ausgeschlossen ist, so haben in der Ausführung doch nach dieser Idee entwickelte Nietstellungen trotz der geringen Querschnittsverstärkung durchaus befriedigende Ergebnisse erzielt und werden allgemein angewendet.

Die für Bandeisen-Vernietung aufgestellten Regeln lauten: die Niete sollen gleichmäßig zu beiden Seiten der Bandaxe gruppiert sein und in Reihen winkelrecht zu dieser stehen, deren erste und letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichst eine um je einen Niet erhöhte Nietzahl enthalten.

Bei der Verbindung breiter gezogenen Bleche kann man derartige Stellungen

nicht verwenden; man ordnet hier so viele gleiche Nietreihen hinter einander an, daß das Material zwischen den Nietlöchern nicht über bestimmte Grenzen hinaus in Anspruch genommen wird. Es soll in jeder Reihe das Material zwischen den Nietlöchern denselben Sicherheitsgrad besitzen, wie die Niete derselben Reihe.

In allen diesen Fällen setzt man die Niete der einen Reihe hinter die Mitten der Nietabstände (Theilungen) der anderen.

Beim Anschlusse oder beim Stosse zusammengesetzter Querschnitte haben die einzelnen Theile (z. B. Winkeleisen, kleine **C**-Eisen, **T**-Eisen etc.) in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete neben einander aufnehmen zu können; die jedem Theile zukommenden Niete müssen daher alle hinter einander gesetzt werden, und man hat jeden solchen Querschnittstheil um ein Nietloch zu stark auszubilden.

Der Abstand der Mitte des äußersten Nietes einer Querreihe vom Seiten- (oder unbelasteten) Rande des Bleches soll nicht kleiner sein als $1,5 d$, da sonst der dünne, außerhalb des Loches stehende Materialstreifen beim Herstellen des Loches zu leicht zerstört wird.

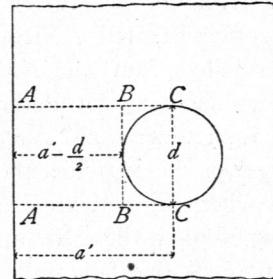
Es mag hier darauf hingewiesen werden, daß die vielfachen angedeuteten Unklarheiten über Vertheilung der Spannkraft auf größere Nietzahlen und die nothwendige Verstärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einfluß auf die Güte der Verbindung durch den Umstand verlieren, daß bei den Berechnungen von Nietungen die später zu erörternde Reibung der verbundenen Theile auf einander und an den Ringflächen der Nietköpfe fast stets vernachlässigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgiebt.

γ) Die Festigkeit des Materiales zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Rande der Bleche ist thatsächlich von einer Beanspruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schlusse eines Bolzenauges. Eine rechnerische Stärkenbestimmung auf dieser Grundlage führt aber zu sehr unsicheren Ergebnissen; man bemißt die Randbreite gewöhnlich so, daß ein Abscheren in den in Fig. 406 punktirten Ebenen mit eben so großer Sicherheit vermieden wird, wie eine Zerstörung eines anderen Theiles der Verbindung. Diese Rücksicht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufstellung bilden. Die Streifen BC dieser Fugen werden dabei meist nicht in Rechnung gestellt, weil das zwischen ihnen und dem Loche befindliche Material in Folge des Druckes zwischen Lochwand und Nietchaft schon besonders stark in Anspruch genommen ist.

δ) Die Reibung zwischen den Blechen unter einander und an den Kopfflächen entsteht nach der Herstellungsweise des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe in Folge der Verkürzung des Nietchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ⁸⁰⁾ dieses Druckes, entsprechend dem Reibungs-Coefficienten für nicht geglättete Eisenflächen. Sie ist um so größer, je mehr Reibungsflächen vorhanden sind, deren jedoch für einen geschlossenen Theil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

Nach den Ergebnissen angestellter Versuche sind dabei die Platten in Fig. 407 (einschnittige Nietung) und die äußeren in Fig. 408 u. 409 (zweinschnittige Nietung) in derselben Lage, wie die inneren in Fig. 408 u. 409, da die Reibung zwischen Blech und Nietkopf eben so groß ist, wie zwischen zwei Blechen. Nur bei sehr langen Nietten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das

Fig. 406.



201.
Festigkeit
am
hinteren Rande
der Bleche.

202.
Reibung
zwischen den
Blechen.

⁸⁰⁾ In: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird dieser Coefficient zu 0,4 angegeben.

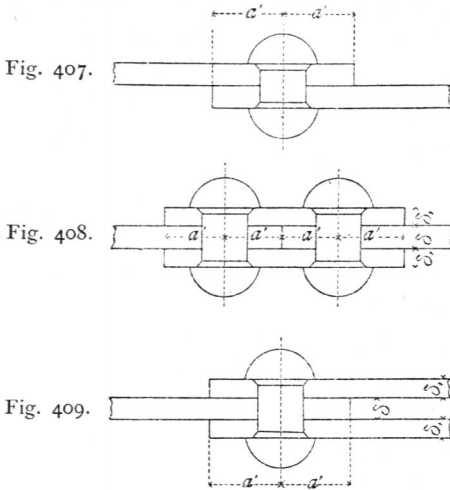


Fig. 407.

Fig. 408.

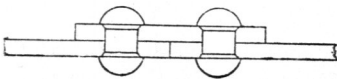
Fig. 409.

203.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist in so fern von unmittelbarem Einflusse auf die der Verbindung, als, nach Ueberwindung, bzw. Vernachlässigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgesichert sein muss, bevor die Trennung der Verbindung erfolgt. Je nachdem die Abscherung eines (Fig. 407), zweier (Fig. 408 u. 409) oder mehrerer Nietquerschnitte Vorbedingung der Zerstörung ist, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrschnittig. Mehr als zweischnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Theilen besteht, welche sich alle auf denselben Bolzen hängen. Nach angeestellten Versuchen⁸²⁾ ist der Widerstand der Niete gegen diese Abscherung um so geringer, je gröfser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzuscherenden Querschnitte jedes Nietes ist, was sich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftvertheilung auf alle Niete und Nietquerschnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dass die Scherspannung sich gleichförmig über den Nietquerschnitt vertheilt, was nach *Grashof*⁸³⁾ thatsächlich undenkbar ist, so ergeben die verschiedenen Versuche, dass die Scherfestigkeit für einschnittige Niete zwischen 60 und 70 Procent, für zweischnittige zwischen 55 und 65 Procent der Zugfestigkeit des Nietmaterials liegt, nach Anderen bis zu 80 Procent derselben steigt. Keinesfalls soll man daher die Niete mit mehr gleichförmig vertheilt gedachter Scherspannung belasten, als mit $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugbeanspruchung des Nietmaterials. Da die Niete aus besonders gutem Materiale bestehen, der Regel nach also nicht höher, als mit höchstens 700 kg pro 1 qcm.

Die Vernietungen sollen thunlichst so angeordnet sein, dass die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Theile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einseitige Anschluss (Fig. 407) und die einseitige Laschung (Fig. 410) genügen dieser Bedingung nicht, sollen also nach Möglichkeit ver-

Fig. 410.



Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im Allgemeinen hat also jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diese beiden Flächen zusammen ergeben nun die Versuche von *Clark*, *Harcort*, *Lavalley* und *Schichau*⁸¹⁾ eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg pro 1 qcm des Schaftquerschnittes, und man kann daraus bei einem Reibungs-Coefficienten von 0,4 auf eine Längsspannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 1500$ kg schliessen. Dafs der Schaft jedenfalls bis zur Elasticitäts-Grenze gereckt sei, wurde bereits in Art. 194 (S. 136) erkannt. Da diese Reibung sich jedoch bei gleich sorgfältiger Herstellung aller Probeniete außerordentlich (bis zu 100 Procent) schwankend zeigte, so pflegt man bei Bau-Constructions auf sie nicht zu rechnen (wohl aber bei gewissen Constructions-Theilen von Maschinen), sie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzusehen.

⁸¹⁾ Siehe: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 201 — ferner: Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: GLASER's Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁸²⁾ Siehe: Mittheilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. der Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: GLASER's Annalen f. Gwbe. u. Bauw. Bd. 14, S. 218.

⁸³⁾ Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

mieden werden. Sie sind nicht in allen Fällen zu umgehen; es ist dann gut, die Niete weniger hoch zu belasten. Gute Anordnungen sind die doppelte Verlaftung (Fig. 408) und der doppelte Anschluß (Fig. 409).

Sehr lange Niete erleiden starke Biegung; man soll darauf achten, daß die in größerer Zahl anschließenden Theile der verbundenen Glieder so gruppiert werden, daß thunlichst je zwei auf einander liegende Theile von entgegengesetzt gerichteten Kräften beansprucht sind, da so das ungünstigste Biegemoment für den Bolzen ein Minimum wird. Fig. 411 zeigt die verkehrte, Fig. 412 die richtige Anordnung. Uebrigens ist es nothwendig, bei langen Bolzen die Biegungsspannungen, welche die schon vorhandenen erheblichen Normalspannungen des Schaftes vergrößern, in Betracht zu ziehen, da sie unter Umständen die größte Gefahr darstellen. Bei kurzen Nieten haben sie wenig Einfluss.

Fig. 411.

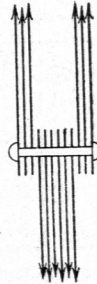
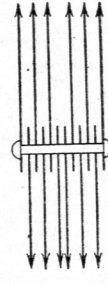


Fig. 412.



5) Der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, eine häufig übersehene Gefahr, kann eine Verbindung lockern oder zerstören, welche in allen früheren Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, daß das Material hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und feitlich ausquillt. Die Druckvertheilung zwischen Bolzen und Lochwandung ist eine solche, daß sie von ihrem Maximum im Scheitel des Bolzenquerschnittes im Sinne der Kraftrichtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer winkelrechten Durchmessers abnimmt. Auch statt dieser ungleichförmigen Druckvertheilung wird in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmesser vertheilte Spannung eingeführt, welche nach angestellten Versuchen das Maß von $s'' = 1100$ bis 1200 kg pro 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmesser d nicht überschreiten darf, wenn nicht Deformationen des Materiales hinter dem Niete entstehen sollen. Diese auf den Durchmesser reducirte Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungs-Preßung, und sie ist namentlich bei geringer Blechstärke maßgebend für die Anordnung der meisten Kraftnietungen. Soll übrigens der Niet gegen Abscheren und gegen Eindringen in das schwächste der verbundenen Bleche gleich sicher sein, so muß entsprechend den oben festgesetzten Spannungswerthen für einschnittige Nietung stattfinden $\frac{d^2 \pi}{4} 700 = d \delta \cdot 1100$, oder

$$d = 2,008 \delta,$$

was wieder zu der unter α (Art. 198, S. 137) angegebenen Regel führt.

Ist die Nietung jedoch zweifachnichtig, so müßte stattfinden $2 \frac{d^2 \pi}{4} 700 = d \delta \cdot 1100$ oder $\delta = d$. Da δ aber fast stets kleiner als d ist, so wird man in diesem Falle die Nietzahl im Allgemeinen nach dem Lochlaibungs-Drucke zu bestimmen haben, und die Scherfestigkeit der Niete somit nicht ausnutzen können.

3) Berechnung der Vernietungen.

Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben sich für die verschiedenen, in Art. 197 bis 204 (S. 137 bis 141) besprochenen, in Rücksicht zu ziehenden Factoren, wie folgt, wenn die zulässige Zugbeanspruchung der genieteten Theile s' , die zulässige Scherspannung derselben t' , diejenige des Nietmaterialies t , der zulässige Lochlaibungs-Druck s'' , die Nietzahl n , die belastende Kraft P , die Anzahl der Nietreihen n' , der Abstand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Niettheilung) e , der der Reihen von einander (Reihentheilung) e' , der Abstand der

204.
Druck
am Umfange
des
Nietbolzens.

205.
Bezeichnungen.

äußersten Nietmitten vom Seitenrande a , vom Hinterrande des Bleches a' , der Abstand eines Nietes vom nächsten der hinterliegenden Reihe e'' (Fig. 413), die Blechstärke δ und der Nietdurchmesser d genannt wird.

α) Nietdurchmesser und Nietzahl. Für den Durchmesser des Nietbolzens ist für gewöhnlich

$$d = 2 \delta; \dots \dots \dots 82.$$

für starke Bleche ist in der Regel d nicht größer, als 2,5 cm.

Die Zahl der Nieten ist so zu bestimmen, daß die Abscherungsfestigkeit aller Nieten gleich P ist. Ist aber $d > 2 \delta$ für einschnittige Nietungen, und $d > \delta$ für zweischnittige, welches letztere Verhältnis in fast allen Fällen eintritt, so wird der Lochlaibungs-Druck s'' zu groß; die Nietzahl muß alsdann nach letzterem bestimmt werden.

Es wird

$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einschnittige Nieten, } d \leq 2 \delta; \dots \dots \dots 83.$$

$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweischnittige Nieten, } d \leq \delta; \dots \dots \dots 84.$$

$$n = \frac{P}{d \delta s''} \text{ für einschnittige Nieten, wenn } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \text{für zweischnittige Nieten, wenn } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \dots 85.$$

β) Festigkeit des Materials zwischen den Löchern einer Reihe (Fig. 414). Diese ist maßgebend für die Theilung e . Die Tragfähigkeit des Bleches zwischen zwei Nietlöchern beträgt $s' \delta \left(e - 2 \frac{d}{2} \right)$, die des Nietes $\frac{d^2 \pi}{4} t$ für einschnittige,

$\frac{d^2 \pi}{2} t$ für zweischnittige Nietung und $d \delta s''$, wenn die

Nietzahl mit Rücksicht auf Lochlaibungs-Druck berechnet werden mußte. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweischnittiger Nietung ist in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 408 u. 409) für den einfachen und den doppelten Theil die gleiche, wenn das zweischnittig genietete Blech doppelt so stark ist, wie das einschnittig genietete, also unter der Bedingung, daß $\delta = 2 \delta_1$.

Die Gleichungen für e ergeben sich also:

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots \dots 86.$$

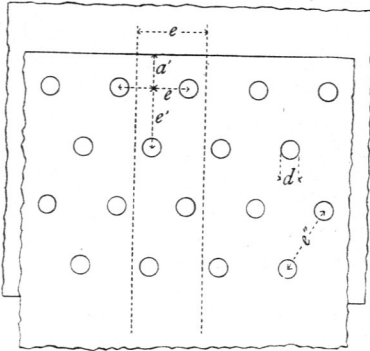
$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{2} t \text{ für zweischnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots \dots 87.$$

$$\delta (e - d) s' = d \delta s'' \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \dots 88.$$

In diesen Gleichungen kann meist, wegen der besonderen Güte des Nietmaterials, $t = s'$ und für die meisten Fälle $s'' = 1,5 s'$ gesetzt werden; die Gleichungen lauten alsdann:

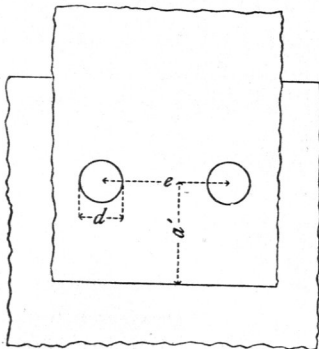
206.
Durchmesser
und Zahl
der Nieten.

Fig. 413.



207.
Festigkeit
in einer
Nietreihe.

Fig. 414.



$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{4 s' \delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots 89.$$

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{2 s' \delta} \right) \text{ für zweischnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots 90.$$

$$e = d \left(1 + \frac{s''}{s'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \dots \\ \dots \end{array} \right\} \dots 91.$$

Wäre z. B. in Fig. 409, wo offenbar die Aufsentheile einschnittig, der Innentheil zweischnittig genietet sind, unter Einführung der angegebenen Verhältnisse der Beanspruchungen s' , s'' und t zu einander, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, so ergäbe sich, wenn man zwischen den Blechstärken mittelnd $d = 1,5 \delta$ machte, also $d = 3 \delta_1$; alsdann wäre für die äußeren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe sich für die äußeren Bleche, da $d > 2 \delta_1$, nach Gleichung 91. $e = 2,5 d = 2,5 \cdot 3 \delta_1 = 7,5 \delta_1 = 3,75 \delta$ und für das innere, zweischnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2,5 \cdot 1,5 \delta = 3,75 \delta$.

Wäre dagegen, was praktisch meist der Fall ist, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0,7 \delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, so würde für den einschnittig genieteten Aufsenteil nach Gleichung 89.

$$e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right), \text{ oder } e = 5,14 \delta_1 = \text{rund } 3,6 \delta$$

und für den zweischnittig genieteten Innentheil nach Gleichung 91.

$$e = 2,5 \cdot 1,4 \delta = 3,5 \delta$$

sich ergeben; das grössere beider Masse muß ausgeführt werden.

Wie schon oben angedeutet, müssen die Gleichungen 89. u. 90. für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn also in die Gleichung 89. $\frac{\delta}{2}$ statt δ eingeführt wird, beide dasselbe ergeben; denn die Hälfte des Mitteltheiles ist dann gleich mit einem Aufsentheile.

Es liegt in der Natur der Sache, daß in der Nietung die Festigkeit des vollen Bleches unmöglich gewahrt bleiben kann; der Grad der Festigkeit der Vernietung wird gemessen durch $f = \frac{e - d}{e}$, also im zweiten der obigen Beispiele für die Aufsentheile durch

$$f = \frac{5,14 \delta_1 - 2 \delta_1}{5,14 \delta_1} = 0,61$$

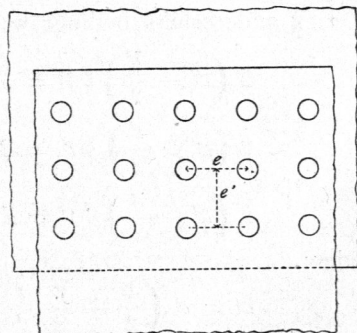
und für den Innentheil durch

$$f = \frac{3,6 \delta - 1,4 \delta}{3,6 \delta} = 0,61.$$

Zum Zwecke der Vermeidung der hieraus folgenden, übermäßigen Verbreiterung der Theile ist die schon oben erwähnte Nietstellung eingeführt, welche die Niete in mehrere Reihen, und zwar in die erste und letzte je einen Niet und in die nach der Mitte zu folgenden Reihen thunlichst je ein Niet mehr, setzt, und bei der man den Stab dann nur um d gegen den theoretischen Querschnitt verbreitert.

Wird der Werth f bei einreihiger Nietung zu klein, oder ist es überhaupt unmöglich, n Niete in der Breite b unterzubringen, so geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 415). Es werden hier n' Niete in die Theilungsbreite geschlagen; folglich sind die Gleichungen für e :

Fig. 415.



$$\delta s' (e - d) = n' \frac{d^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots 92.$$

$$\delta s' (e - d) = 2 n' \frac{d^2 \pi}{4} t \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots 93.$$

$$\delta s' (e - d) = n' d \delta s'' \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 94.$$

Gewöhnlich ist $t = s'$ und $s'' = 1,5 s'$; alsdann lauten diese Gleichungen:

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{4 s' \delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots 95.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{2 s' \delta} \right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots 96.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' s''}{s'} \right) \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 97.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1,5 \delta = 3 \delta_1$, also für die Aufsentheile nach Gleichung 97. $e = 3 \delta_1 (1 + 3 \cdot 1,5) = 16 \delta_1 = 8,25 \delta$ und für den Innentheil nach Gleichung 97. $e = 1,5 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 8,25 \delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0,7 \delta$ und $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, also für die Seitentheile nach Gleichung 95. $e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{3 \pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 11,42 \delta_1 = 11,42 \cdot 0,7 \delta = \text{rund } 8 \delta$ und für den Mitteltheil nach Gleichung 97. $e = 1,4 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 7,7 \delta = 11 \delta_1$.

Auch hier ist der Sicherheitsgrad $f = \frac{e - d}{e}$, also im zweiten Beispiele für die Aufsentheile $\frac{11,42 \delta_1 - 2 \delta_1}{11,42 \delta_1} = 0,825$, für den Innentheil $\frac{8 \delta - 1,4 \delta}{8 d} = 0,867$.

Das äußerste Maximum für e in auf einander liegenden Theilen ist $e = 8 d$, da bei weiterer Stellung der Niete die Bleche zwischen den Nieten von einander klaffen.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muß bei einreihiger Nietung mindestens $0,5 e$, bei mehrreihiger mindestens $0,25 e$ betragen. Sind diese Werthe aber kleiner, als $1,5 d$, so macht man $a = 1,5 d$, da man zur Herstellung des Loches außen eines Blechstreifens von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als Maximum für a den Werth $2,5 d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

γ) Die Festigkeit des Materials zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muß ein Ausfcheren des Nietes nach

Fig. 406 verhindern. Für einschnittige Nietung ist sie $2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t'$, für zwei-

schnittige $2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abfcheren im Bleche und Abfcheren des Nietes einerseits, Lochlaibungs-Druck andererseits bedingt werden, lauten:

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = \frac{d^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots 98.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = 2 \frac{d^2 \pi}{4} t \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots 99.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = d \delta s'' \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Nietung, } d > \delta, \end{array} \right\} \dots 100.$$

oder:

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{t}{s'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots 101.$$

208.
Festigkeit
am hinteren
Blechrande.

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots 102.$$

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \dots \right\} 103.$$

$$\dots \text{ für zweifchnittige Nietung, } d > \delta.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1,9$ gesetzt werden.

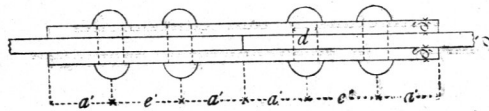
Im zweiten der obigen Beispiele wird für die Aufsentheile (siehe Fig. 409) nach Gleichung 98. u. 101.

$$a' = 2 \delta_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 2,96 \delta_1; \text{ ferner wird für den Innenthail nach Gleichung 100. u. 103.}$$

$$a' = 1,4 \delta \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} 1,9 \right) = 2,03 \delta = 2,03 \frac{\delta_1}{0,7} = 2,9 \delta_1. \text{ Unter Umständen kann } a' \text{ in verschiedenen Theilen einer Verbindung sehr verschiedene Werthe annehmen.}$$

Dieser Randabstand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen in Frage, bei denen die Niete in den Reihen nicht veretzt sind (Fig. 415 u. 416); für solche

Fig. 416.



mufs offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ sein, und lauten die entsprechenden Gleichungen daher:

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \leq 2 \delta; \dots 104.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für zweifchnittige Nietung, } d \leq \delta; \dots 105.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \dots \right\} 106.$$

$$\dots \text{ für zweifchnittige Nietung, } d > \delta.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen veretzt, wie in Fig. 413, so fällt diese Rücksicht weg; man macht dann meist $e'' = e$, also $e' = 0,866 e$. Das mit Bezug auf die Herstellung der Löcher einzuhaltende Minimum von e' ist $2,5 d$, welches Mafs dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werthe ergeben.

δ) Die Reibung der Bleche auf einander, welche nach dem in Art. 202 (S. 139) Gefagten auch bei einschnittigen Nietungen (Fig. 407 u. 410) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter dieser Bedingung bei sorgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerschnittes beträgt, kommt nur bei solchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollständiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Theile (Hängefangen für Decken, Gefänge etc.) werden so berechnet, dafs die Reibung in dem Momente überwunden wird, in welchem im Bleche die Elastizitäts-Grenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

209.
Reibung
zwischen den
Blechen.

$$n = P \frac{1}{300 d^2 \pi}, \dots 107.$$

und für die Theilung

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1200 = (e - d) d s_e,$$

oder

$$e = d \left(1 + \frac{300 \pi d}{s_e \delta} \right), \dots 108.$$

also für $\delta = \frac{d}{2}$ und s_e (für gewöhnliches Schmiedeeisen) = 1500 kg pro 1 qcm

$$e = 2,25 d. \dots 109.$$

Für diese Nietungen muß die Theilung im Allgemeinen etwas enger sein, als wenn die Scherfestigkeit der Niete in Betracht gezogen wird.

Unter Benutzung der Formel 108. kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietstellungen in Reihen, deren Nietzahl von 1 in der ersten und letzten um je 1 in jeder Reihe nach der Mitte zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietvertheilung zur Erzielung gleichmäßiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig fein muß.

210.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist in den obigen Formeln bereits dadurch genügend berücksichtigt, daß seine Scherfestigkeit, bezw. der zulässige Umfangsdruck, der Abmessung der Niettheilung zu Grunde gelegt wurde. Vortheilhaft für die Festigkeit des einzelnen Bolzens ist eine thunlichst geringe Nietzahl, weshalb man bei Kraftnietungen den Durchmesser so weit steigern soll, wie die obigen Regeln erlauben. In zweifchnittigen Nietungen ist der Scherwiderstand jedes Querschnittes bei guter Ausführung nur 90 Procent desjenigen der einschnittigen Nietung, weil es nicht möglich ist, beide Querschnitte ganz gleich zu beanspruchen.

211.
Druck
am Bolzen-
umfang.

ζ) Der Druck zwischen Bolzenumfang und Lochlaibung, dessen Steigerung über ein bestimmtes Maß (1100 bis 1200 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechstärke und Bolzendurchmesser) unzulässig ist, wurde durch obige Formelaufstellung für alle Abmessungen berücksichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältniß $\frac{d}{\delta}$ groß ist.

4) Nietverbindungen.

212.
Einfseitiger
Anschluß.

α) Der einseitige Anschluß. Fig. 417 zeigt diese Verbindung für zwei schmale Stäbe unter der Last P . Es entsteht ein Drehmoment $P\delta$, welches bei schlotterigen Nieten (Fig. 418) durch Verdrehen dieser und einseitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \cdot 1,5 d$ erzeugt, das so lange wächst, bis beide sich

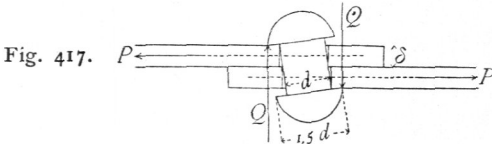


Fig. 417.

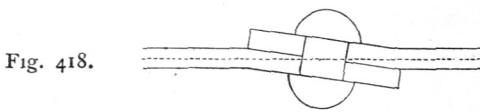


Fig. 418.

aufheben. Es ist also $Q = \frac{P\delta}{1,5 d}$, und der Nietschaft wird im Kopfanfatze vom Momente $\frac{P d}{1,5 d} \cdot \frac{1,5 d}{2} = \frac{P\delta}{2}$ gebogen

und von der Kraft $\frac{P\delta}{1,5 d}$ gezogen. Die Biegungsspannung σ_1 folgt aus $\frac{P\delta}{2} = \frac{\sigma_1 d^3 \pi}{32}$ mit $\sigma_1 = \frac{16 P\delta}{\pi d^3}$, und die Zug-

spannung σ_2 aus $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1}{\frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{8 P\delta}{3 \pi d^3}$. Es entsteht im Niet also eine Zuschlag-

spannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56 P\delta}{3 \pi d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ist $\sigma = \frac{28 P}{3 \pi d^2}$. Der Niet ist

auf $P = \frac{d^2 \pi}{4} t$ berechnet, also wird

$$\sigma = \frac{28}{3 \pi d^2} \frac{d^2 \pi}{4} t = \frac{7}{3} t.$$

Die Schubspannung t ist der Regel nach zu $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugspannung s' anzusetzen; also ergibt sich $\sigma = \frac{7}{3} \cdot \frac{4}{5} s' = \frac{28}{15} s'$ oder beinahe $= 2 s'$.

Der beim Erkalten schon bis zur Elasticitäts-Grenze beanspruchte Niet erhält daher nun noch das Doppelte der zulässigen Zugspannung und wird somit der Zerstörung nahe gebracht.

Sind die Niete nicht schlotterig, füllen sie vielmehr das Loch ganz aus, oder ist in Folge der oben nachgewiesenen Spannungen ein Nietkopf verbogen oder abgepresst, so wirkt nun das Moment $\sigma \delta$ allmählich abnehmend biegend auf die Bleche ein, bis die beiden P in eine Gerade fallen. Als Breite des Stabes kann das Theilungsmaß e einer breiteren Nietung eingeführt werden. Die Biegungsspannung im Bleche σ ergibt sich aus $\frac{\sigma e \delta^2}{6} = P \delta$ zu $\sigma = \frac{6 P}{e \delta}$. Wegen der nothwendigen Festigkeit des Stabes ist in der Nietung

$$P = \delta (e - d) s', \text{ also } \sigma = \frac{6 \delta (e - d) s'}{e \delta} \text{ oder } \sigma = 6 s' - 6 s' \frac{d}{e}.$$

Nun ist nach Gleichung 89. für $t = s'$, $e = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}\right)$, also

$$\sigma = 6 s' \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{\pi}{4} \frac{d}{\delta}}\right).$$

Wird sonach der Mittelwerth $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, so ergibt sich

$$\sigma = 3,66 s'.$$

Durch die Biegung allein wird demnach die zulässige Beanspruchung s' im Stabe weit überschritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 417 u. 418 wirklich auftritt, sondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Theile hervorruft, so muß doch die in Rede stehende Verbindung zur Uebertragung großer Kräfte als bedenklich bezeichnet, und soll auf die Fälle beschränkt werden, in denen sie unvermeidlich ist. Auch mehrreihige Nietung ist möglich. Die Anordnung ergibt sich aus den obigen Gleichungen.

β) Der zweifseitige Anschluß (Fig. 409) vermeidet die Uebelstände des einseitigen; denn, wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchschneidet, so entstehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche sich gegenseitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Theile dieselbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, so ist der Querschnitt beider Theile theoretisch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Theile des doppelten Gliedes für die Ausführung meist zu gering, und man macht daher (Fig. 409) die Stärkesumme des doppelten Theiles $2 \delta_1$ etwas größer, als die Stärke δ . Die Nietung kann einreihig und mehrreihig sein. Wenn jedoch die Abmessungen für die einschnittig angeflochtenen Theile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweischnittig angeflochtenen Mitteltheil, so müssen, da verschiedene Anordnungen in den verschiedenen Theilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich sind, diejenigen Maße für alle Theile durchgeführt werden, welche für den einen Theil genügen, dem anderen zu große Stärke geben.

Von den obigen Formeln sind für die Aufsentheile die für einschnittige, für die Innentheile die für zweischnittige Nietungen aufgestellten maßgebend. Die Wieder-

holung dieser Verbindung giebt schliesslich die fymmetrische Vereinigung vieltheiliger Glieder nach Fig. 412, bei welcher auch die Aufsenglieder als einschnittig, die Innenglieder als zweifchnittig angeschlossen zu betrachten sind. Haben die vereinigten Theile ungleiche Kräfte zu übertragen, so muss die Vernietung nach den die grössten Kräfte enthaltenden bemessen werden, was für die schwächeren dann leicht recht ungünstige Verhältnisse bedingt; es ist also zu empfehlen, alle Theile einer mehrgliederigen Construction thunlichst gleich zu machen.

214.
Einfseitige
Verlafchung.

γ) Die einseitige Verlafchung (Fig. 410) ist nur eine zweifache Aneinanderreihung des einseitigen Anschlusses und hat daher dieselben Nachtheile, kann übrigens in derselben Weise berechnet werden, wie dieser. Diese Art der Verbindung ist gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu beschränken.

215.
Doppelte
Verlafchung.

δ) Die doppelte Verlafchung (Fig. 408) ist wieder frei von den gerügten Mängeln, da sie zur Mittellinie fymmetrisch ist. Auch sie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 416) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretisch müsste die Stärke der Lafchen zusammen gleich der des Bleches sein; es wird aber in der Regel δ_1 etwas grösser, als $\frac{\delta}{2}$ gemacht.

216.
Beispiel.

Beispiel. Eine Flacheisen-Diagonale von der Dicke $\delta = 1,5$ cm soll mit doppelten Lafchen von der Dicke $\delta_1 = 1,0$ cm und Nieten vom Durchmesser $d = 2,0$ cm an ein $1,5$ cm starkes Knotenblech angeschlossen werden; die Belaftung beträgt 21 000 kg. Die Spannungswerthe seien angenommen mit $s' = 700$ kg pro 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1,5$, $\frac{s''}{t'} = 1,9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$.

Die theoretische Stabbreite ist $b = \frac{21\,000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Lafchen nach

$$\text{Gleichung 83. } n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21\,000}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 4,8, \text{ für das Blech nach Gleichung 85. } n = \frac{21\,000}{2 \cdot 1,5 \cdot 1100} = 6,4.$$

Es müssen also 7 Niete gesetzt werden. Thatsächlich beträgt die Scherspannung im Niete nur $\frac{21\,000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 2} = 478$ kg und der Lochlaibungs-Druck $\frac{21\,000}{7 \cdot 2 \cdot 1,5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältniszahlen eingeführt, so wird die Verbindung in allen Theilen auf ermässigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit confruiert. 7 Niete in eine Reihe zu setzen ist nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu gross würde; es wird also zweireihige Vernietung $n' = 2$ angenommen.

In den Lafchen ist dann nach Gleichung 95. $e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 3,14}{4} \cdot 1 \cdot \frac{2}{1} \right) = 8,28$ cm, im Bleche nach Gleichung 97. $e = 2 (1 + 2 \cdot 1,5) = 8$ cm; es wird also $e = 8,3$ cm sein müssen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8,3 = 33,2$ cm.

Der hintere Randabstand a' der Lafchen wird nach Gleichung 101. $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 2,96$ cm und der im Bleche nach Gleichung 103. $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 1,9 \right) = 2,9$ cm; der Randabstand wird also überall mit dem Minimalmafs $1,5$ $d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabstand wird in den Lafchen nach Gleichung 104. $e' = 2 \left(1 + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 3,96$ cm, im Bleche nach Gleichung 106. $e' = 2 (1 + 2 \cdot 1,5) = 3,9$ cm. Beide sind kleiner als $2,5$ d ; es wird hier also das Minimalmafs $e' = 2,5$ $d = 2,5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Es ergeben sich demnach die Verhältnisse, wie in Fig. 419 dargestellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung ist nach der Formel $f = \frac{e - d}{e} = \frac{8,3 - 2}{8,3} = 0,76$, gegenüber der theoretischen Stabbreite von

$$30 \text{ cm jedoch } \frac{33,2 - 4 \cdot 2}{30} = 0,84.$$

Nach der Art der Nietordnung mit um je 1 wachsender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach dem Schema 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu setzen haben. Die

Fig. 419.

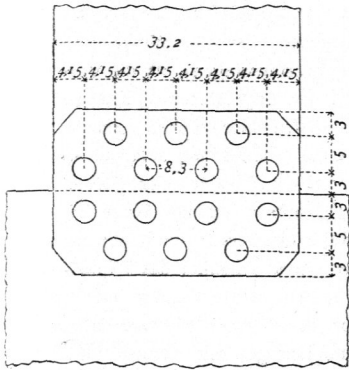


Fig. 420.

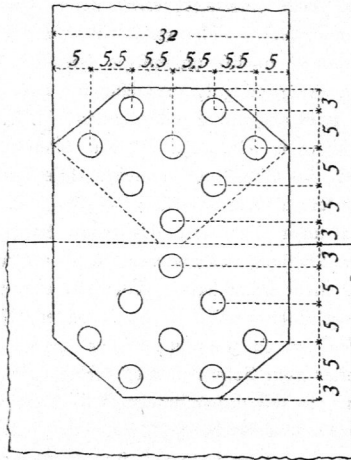
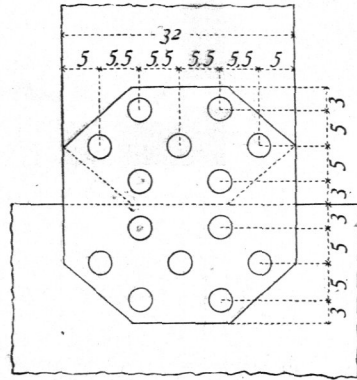


Fig. 421.



Stabbreite wird dabei $30 + d = 32$ cm gewählt, und es ergäbe sich wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem größten Randabstande von $5 \text{ cm} = 2,5 d$ eine Theilung von $\frac{32 - 10}{2} = 11$ cm, also größer, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben bestimmten Mafsen ergeben sich die beiden Nietungen in Fig. 420 u. 421, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

Die Reihe der gewöhnlichen Nietverbindungen ist hiermit abgeschlossen; es bleibt nur noch etwas über die Verbindungen nicht ebener Theile hinzuzufügen.

Verbindungen für Blechrohre werden meist mit einseitiger Verlaschung oder einseitigem Anschlusse, genau nach den obigen Regeln, sowohl in den Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berücksichtigung der etwa in beiden verschiedenen Kraftwirkungen hergestellt.

Profileisen können fast durchweg nur dadurch verbunden werden, dass man jeden einzelnen Theil mittels gefonderter Blechstreifen einseitig oder zweiseitig verlascht, wobei dann die Verlaschung zweckmäfsig für jeden Theil gefondert berechnet wird. Die Theile solcher Profile sind jedoch meist so schmal, dass nicht mehrere Nieten neben einander in ihnen Platz finden; man ist dann gezwungen, alle für einen Theil erforderlichen Nieten in eine Linie hinter einander zu setzen.

Am häufigsten kommen Winkeleisen-Verbindungen vor, welche nach Fig. 422 bis 425 auf 4 verschiedene Weifen ausgeführt werden können.

Von diesen ist die Verbindung in Fig. 422 die stärkste, aber wegen der hohen Kosten der besonders zu waltenden Profil-Lafche nur höchst selten. Die nächstbeste ist die in Fig. 424, da die Lafchen sich auf die ebenen Winkeleisenflächen legen, stärker

finden, als das Winkeleisen und einen kurzen Abstand b (Wurzelmafs) der Nieten von der Winkeleisen-Aufsenecke gestatten. Alsdann folgt zunächst die Verbindung in Fig. 423, welche die angeführten Vortheile wenigstens für einen Schenkel wahrt und dann an die Stelle der Anordnung in Fig. 424 treten muss, wenn der zweite Schenkel an einem anderen Constructionstheile anliegt; das Wurzelmafs b muss hier in dem aufsen verlaschten Schenkel wegen der Innenlafche des anderen Schenkels in un-

217.
Verbindung
von
Rohren.

218.
Verbindung
von
Profileisen.

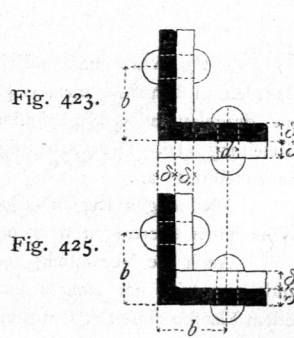
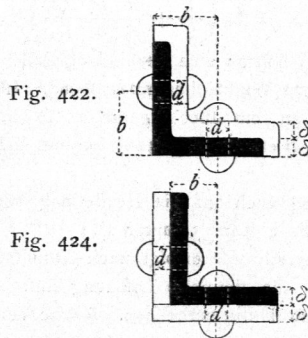
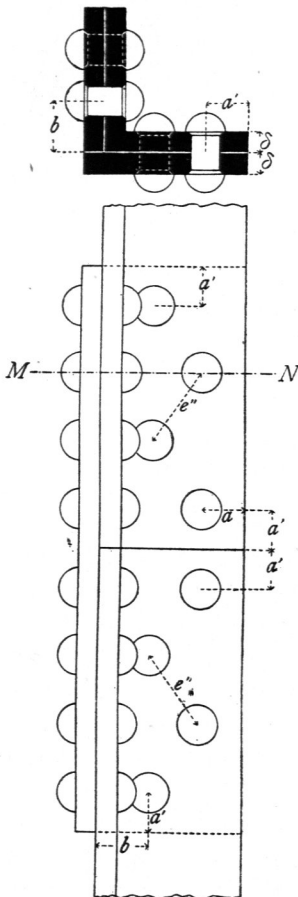


Fig. 426.
Schnitt *MN*.



günstiger Weise vergrößert werden, was in beiden Schenkeln geschieht, weil man einerseits verschiedene Wurzelmaße in den Schenkeln zu vermeiden sucht, andererseits ein kurzes Wurzelmaß in dem innen verlaufenden Schenkel höchst ungünstige Nietstellung in der Innenlafche hervorrief. Am wenigsten gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkelleifen an zwei anderen Theilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), ist die Verbindung in Fig. 425, da von allen für Fig. 424 angeführten Vortheilen hier das Gegentheil eintritt. Die Lafchen müssen hier dicker gemacht werden, als die Schenkel, also $\delta_1 > \delta$. Was die Nietstellung anlangt, so setzt man die Niete des einen Schenkels auf die Mitten oder Viertel der Theilung des anderen, weil einander gegenüber stehende Niete oft gar nicht Platz haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und schlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem Schenkel das Winkelleifen um so unsymmetrischer macht und die Kraftübertragung um so weiter vom Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Außenrande sitzt, so soll das Wurzelmaß so klein wie möglich gewählt werden, und zwar ist zu machen:

$$b = 1 + \delta + 0,75 d, \text{ wenn keine Lafche im Winkelleifen liegt (Fig. 424), } \dots \dots \dots 110.$$

$$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0,75 d, \text{ wenn eine oder zwei Innenlafchen da sind (Fig. 422, 423 u. 425) } \dots \dots \dots 111.$$

Soll z. B. ein Winkelleifen von $10 \times 10 \times 1,4$ cm nach Fig. 424 mit 2,5 cm Nietdurchmesser verlascht werden, so ist das zugehörige Wurzelmaß $b = 1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 = \text{rund } 4,3$ cm. Soll aber die Verlaschung nach Fig. 425 mit 1,6 cm starken Lafchen erfolgen, so wird das Wurzelmaß $b = 1 + 1,4 + 1,6 + 0,75 \cdot 2,5 = 5,9$ cm.

Handelt es sich nun aber um sehr breite Winkelleifen (Fig. 426), so rücken die Niete nach dieser Bemessung des Wurzelmaßes so nahe nach der Ecke, daß die Lafchen außen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgeschriebene Wurzelmaß und setzt den nächsten um $1,5 d$ vom Außenrande. Dabei stellt man, wenn nicht besondere Rücksichten eine bestimmte Theilung vorschreiben, zwei benachbarte in die schräg gemessene Entfernung $e'' = 3 d$ (Fig. 426, Grundriss). Dabei muß ein äußerer Niet des einen einem inneren des anderen Schenkels gegenüber stehen, da sonst die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 426, Schnitt).

Soll auf diese Weise ein Winkelleifen von $13 \times 13 \times 1,4$ cm mit Nieten von 2,5 cm Durchmesser verlascht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg pro 1 qcm belastet ist, so ist die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1,4 - 2,5)}{2} 1,4 \cdot 800 = 12376$ kg. Nach Gleichung 83.

$$n = \frac{12376 \cdot 4}{2,5^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 3,7, \text{ also } n = 4.$$

Das Wurzelmaß b wird $1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 = 4,3$ cm, der Randabstand $a' = 1,5 \cdot 2,5 = 3,8$ cm, der Abstand $e'' = 3 d = 7,5$ cm und der hintere Randabstand a' nach Gleichung 101.

$$a' = 2,5 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2,5}{1,4} \right) = 3,5 \text{ cm.}$$

Dieses Wurzelmaß, welches sich für eine Verbindungsstelle ergibt, bleibt, um die Theilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkelleifen maßgebend. Ist keine Verbindungsstelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkelleifen an ein Blech genietet, so bestimmt sich das Wurzelmaß stets nach Gleichung 110. Die zweireihige Nietung (Fig. 426) beginnt bei Winkelleifen zweckmäßig erst von 12 cm Schenkelbreite an.

Die obigen Regeln können auch auf die Herstellung von Eckverbindungen zweier Bleche mittels Winkelleifen übertragen werden (siehe Kap. 3, unter a).

Auch die Vernietung anderer Profile erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen sind; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eisen auf und unter jedem Flansch einseitig, den Steg zweiseitig verlaschen. Solche Verbindungen anderer Profileisen, als Winkelleifen sind jedoch höchst selten.

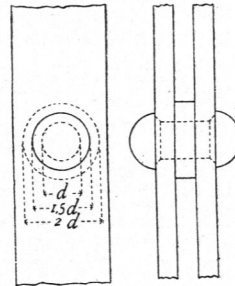
Einer befonderen Art von Vernietung ist noch zu erwanen, nämlich der Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar auf einander liegenden Theilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichst nicht herangezogen werden soll. Die Nietfachte werden fehr lang und haben sonach, wenn sie Kräfte übertragen sollen, höchst ungünstige Biegungsspannungen zu erleiden. Um den vorgeschriebenen Abstand der Theile, welcher beim Stauchen des ohne Weiteres eingesetzten Nietes durch völliges Zerquetschen des Schaftes zwischen den Theilen verloren gehen würde, zu wahren, setzt man zunächst einen Ring mit dem äußeren Durchmesser $2d$ und dem inneren Durchmesser d so zwischen die Theile, daf die drei Löcher sich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

219.
Verbindung
mit
Stehnieten.

Häufig werden zu diesem Zwecke auch auf dem Durchstose gelochte Blechabfalle verwendet, welche dann aber keine zu unregelmafsiges Aufsenform haben, von allen Graten befreit und thunlichst durch Pressen völlig eben hergerichtet fein sollen.

Fig. 427 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da ein Abklaffen der Theile von einander hier unschädlich ist, kann die Niettheilung, wenn die Kräfte es erlauben, bis $e = 20d$ geoigert werden.

Fig. 427.



b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

Schraubenverbindungen kommen in Eifentheilen da vor, wo die zu verbindenden Theile des Materials wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Guseifentheilen, oder wo eine gewisse Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Theile gewahrt werden soll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung verloren geht, oder wo der Raum zu beengt ist, um Nietköpfe ausbilden zu können.

220.
Anwendung
und Ver-
scheidenheit.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgangig sein, und können rechteckigen Gangquerschnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckiges Gangprofil (scharfgangige Schrauben) haben. Die eingängigen scharfgangigen Schrauben ergeben unter gleicher Last die gröſste Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsschrauben, die hier den Bewegungsschrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichst grose Reibung erwünscht ist, so wird hier von ihnen allein die Rede sein. Auch ist bei gleicher Ganghohe die Scherfläche zwischen Gang und Spindel bei der scharfen Schraube doppelt so gros, wie bei der flachen.

Aufser den beiden genannten kommt noch die Trapezschraube und die Schraube mit rundem Gangquerschnitte vor.

Das Gangprofil der scharfen Schraube zeigt Fig. 428; es ist d' der innere Durchmesser, d der äußere Gewindedurchmesser, d'' der äußere Bolzendurchmesser, s die Ganghohe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m fest gelegt, welche bestimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 428 aus- und abgerundet; nur bei fehr weichem Materiale (Messing, Bronze) mehr. Gemaf dem Abrundungsmas und dem

221.
Gangprofil
und Durch-
messer der
Schrauben.

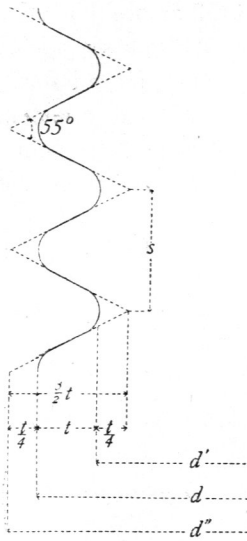
Spitzenwinkel von 55 Grad wird $\frac{3}{2} t = s \frac{1}{\text{tg } 27^\circ 30'}$, also

$$t = 0,64 s, \dots \dots \dots 112.$$

wofür man meist $t = 2 \frac{s}{3}$ setzt. Daraus folgt $d' = d - 2 t = d - 2 \cdot 0,64 s$; dem-

nach $d' = d - 1,28 s \dots \dots \dots 113.$

Fig. 428.



Es ist nun nach Obigem $s = \frac{d}{m}$, also $d' = d - \frac{1,28}{m} d$,
 fonach

$$\frac{d'}{d} = \frac{m - 1,28}{m} \dots \dots \dots 113a.$$

d_1 beftimmt fih nach der Laft, und es find dann d und s der neben ftehenden *Witworth'schen* Schrauben-Scala zu entnehmen, welche die Form aller Schrauben gleichen Durchmessers allgemein feft legt, damit fie beliebig vertaufcht werden können. Um diefe nicht immer benutzen zu müffen, find für d und s zwei Beziehungsgleichungen aufgefellt, welche lauten:

$$s = 0,07 \text{ cm} + 0,095 d \text{ für } d \leq 6 \text{ cm}, \dots \dots 114.$$

$$s = 0,262 \sqrt{d} \text{ für } d > 6 \text{ cm} \dots \dots \dots 115.$$

Aus Gleichung 113., 114. u. 115. kann nun eine directe Beziehung zwischen d'' , d und d' abgeleitet werden, und zwar ergibt fih für kleinere Schrauben unter Benutzung der Gleichungen 114., 113 u. 112.

$$d = (1,139 d' + 0,103) \text{ Centim. und } d'' = d + \frac{t}{2} = (1,173 d' + 0,128) \text{ Centim. } 116.$$

Die Tragkraft einer Schraube auf Zug ift bei der zuläffigen Beanspruchung s' für 1 qcm gleich $\frac{d'^2 \pi}{4} s'$; es ergibt fih fonach der der Laft P entfprechende innere Durchmesser

aus $d' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}$, oder, da man in Folge des Anfchneidens der Gewinde den

äußeren Ring von 1 mm Tiefe nicht als tragfähig anfehen kann, $d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s'}}$.

Die zuläffige Beanspruchung s' wird wegen der beim Andrehen der Mutter entfiehenden Torsion⁸⁴⁾ in der Regel für Schrauben nur mit 600 kg angefezt; die Gleichung für d' lautet demnach:

$$d' = 0,2 + 0,0046 \sqrt{P}, \dots \dots \dots 117.$$

und für die erforderliche Anzahl n , wenn mehrere Schrauben vorhanden find,

$$n = \frac{P}{471 (d' - 0,2)^2} \dots \dots \dots 118.$$

Den nach Gleichung 116. u. 117. aus der Laft ermittelten äußeren Durchmesser d'' kann man nicht ohne Weiteres beibehalten; es ift vielmehr der nächftgrößere der *Witworth'schen* Scala einzuführen.

Wenn P nicht als Zug auftritt, fondern als Scherkraft, fo ergibt fih, da die Scherftelle faft ftets im vollen Bolzen, nicht im Gewinde liegt, der äußere Durchmesser unmittelbar aus $\frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für einfchnittige und aus $2 \frac{d''^2 \pi}{4} t = P$ für zweifchnittige Abfcherung. Auch bei den Schraubenbolzen muß der Lochlaibungs-Druck für kleine Durchmesser im Auge behalten werden, gemäß der Gleichung $P = d'' \delta s''$ (vergl. Art. 204, S. 141), und es ergeben fih hier ähnlich wie bei den Nieten für d die Gleichungen:

⁸⁴⁾ Ueber genaue Berücksichtigung der Torsionsfpannungen vergl.: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit etc. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 202.

Witworth's Scala der eingängigen scharfen Schrauben.

Nr.	Bolzen-Durchmesser d''	Außerer Gewinde-Durchmesser d		Anzahl der Gewindgänge m auf		Innerer Durchmesser d'	Schlüsselweite der Mutter D	Belastung	
		Centim.	Engl. Zoll.	1 Zoll engl.	die Länge d			ohne Torsion	mit Torsion
1	0,8	1/4	0,64	20	5	0,48	1,4	37	22
2	0,9	5/16	0,79	18	5 5/8	0,61	1,6	79	48
3	1,1	3/8	0,95	16	6	0,75	1,8	143	86
4	1,2	7/16	1,11	14	6 1/8	0,88	2,1	218	131
5	1,4	1/2	1,27	12	6	1,00	2,3	302	181
6	1,7	5/8	1,59	11	6 7/8	1,29	2,7	560	336
7	2,0	3/4	1,90	10	7 1/2	1,58	3,2	897	538
8	2,3	7/8	2,22	9	7 7/8	1,86	3,6	1299	779
9	2,7	1	2,54	8	8	2,13	4,1	1755	1053
10	3,0	1 1/8	2,86	7	7 7/8	2,39	4,5	2260	1356
11	3,3	1 1/4	3,18	7	8 3/4	2,72	5,0	2993	1796
12	3,6	1 3/8	3,49	6	8 1/4	2,95	5,4	3564	2138
13	3,9	1 1/2	3,81	6	9	3,27	5,8	4441	2665
14	4,3	1 5/8	4,13	5	8 1/8	3,48	6,3	5070	3042
15	4,6	1 3/4	4,45	5	8 3/4	3,80	6,7	6107	3664
16	4,9	1 7/8	4,76	4 1/2	8 7/16	4,00	7,2	6949	4169
17	5,2	2	5,08	4 1/2	9	4,36	7,6	8155	4893
18	5,8	2 1/4	5,72	4	9	4,91	8,5	10454	6272
19	6,5	2 1/2	6,35	4	10	5,54	9,4	13438	8063
20	7,1	2 3/4	6,99	3 1/2	9 5/8	6,06	10,3	16182	9709
21	7,7	3	7,62	3 1/2	10 1/2	6,69	11,2	19849	11909
22	8,4	3 1/4	8,26	3 1/4	10 9/16	7,26	12,1	23488	14093
23	9,0	3 1/2	8,89	3 1/4	11 3/8	7,89	13,0	27867	16720
24	9,6	3 3/4	9,53	3	11 1/4	8,44	13,8	31996	19198
25	10,3	4	10,16	3	12	9,07	14,7	37076	22245
	Centim.	Engl. Zoll.	Centim.			Centimeter		Kilogr.	

$$d'' = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \quad \text{für einschnittige Abfcherung, } d'' \leq 2 \delta; \quad \dots \quad 119.$$

$$d'' = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \quad \text{für zweifchnittige Abfcherung, } d'' \leq \delta; \quad \dots \quad 120.$$

$$d'' = \frac{P}{s'' \delta} \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Abfcherung, } d'' > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweifchnittige Abfcherung, } d'' > \delta. \end{array} \right\} \quad \dots \quad 121.$$

Wird eine Kraft durch mehrere Bolzen gemeinsam übertragen, so ist nach Annahme des Durchmessers d'' die Bolzenzahl n nach Gleichung 83. bis 85. zu ermitteln.

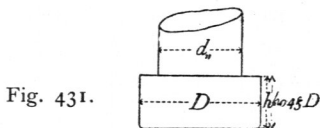
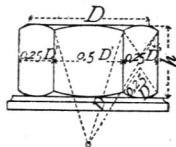
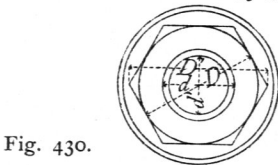
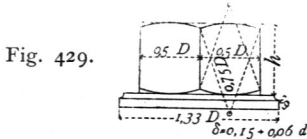
Kraftübertragung durch Flächenreibung kommt hier nicht in Frage, da die Muttern sich von selbst lösen, also auf Reibung überhaupt nicht gerechnet werden kann.

Auf Torsion muß Rücksicht genommen werden, wenn die Anspannung der Schraube lediglich durch Andrehen der Mutter, nicht durch Anhängen von Lasten nach dem Andrehen der Mutter hervorgerufen wird. Es darf in diesem Falle die zulässige Zugspannung nur auf $\frac{3}{5} s'$ getrieben werden, und es folgt somit der innere Gewindedurchmesser für diesen Fall aus $d' = 0,2 + 0,059 \sqrt{P}$. Hiernach ist die letzte Spalte der vorstehenden Scala berechnet.

Die Schraubenmutter wird für einfache Fälle wohl rund oder quadratisch geformt; jedoch läßt sich die runde Mutter schwer andrehen; die quadratische enthält viel Material. Am besten ist die sechseckige Mutter, da sie wenig überflüssiges

Material enthält und doch das Auffetzen eines Schlüssels erlaubt; sie braucht auch nur um 60 Grad gedreht zu werden, um das seitliche Ansetzen des Schlüssels von Neuem zu gestatten.

Um beim Andrehen keine zu große Berührungsfläche zu erhalten, wird die Mutter unten nach einer Kugel abgerundet, meist auch oben, um eine Contre-Mutter nachzuschrauben, auch die Mutter umdrehen zu können; sie sitzt also nur mit einer schmalen Ringfläche auf. Die Schlüsselweite D wird aus der umstehenden Tabelle oder aus der Formel $D = (0,5 + 1,4 d)$ Centim. bestimmt, welche auf gleicher Sicherheit der Auflager-Ringfläche gegen Druck und des Bolzens beruht; der Durchmesser des umschriebenen Kreises ist dann $D' = (0,6 + 1,62 d)$ Centim.



Die Höhe h der Mutter muß so bemessen werden, daß der Zug im Bolzen die Gewindegänge in der Mutter nicht ausformen kann, d. h. es muß mindestens

$$t d' \pi h = \frac{s' d'^2 \pi}{4}, \text{ also } h = \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d' \text{ sein. Nimmt}$$

man Rücksicht darauf, daß etwa auf $\frac{1}{6}$ der abzuschleifenden Fläche das Material durch das Schneiden der Gewinde verletzt ist, so würde gesetzt werden müssen

$$h = \frac{6}{5} \frac{1}{4} \frac{s'}{t} d', \text{ und nimmt man im Mittel } d' = \frac{8}{10} d$$

und $\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ an, so ergibt sich $h = \frac{5 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 10}{6 \cdot 5 \cdot 8} d = \frac{3}{10} d$.

Muttern dieser geringsten Höhe nutzen sich stark ab; man steigert die Höhe daher thatfächlich wohl bis $h = d$, und für solche Schrauben, die oft gelöst und wieder angezogen werden müssen, bis $h = D$. Hat der Bolzen keinen Zug, sondern nur Absicherung zu übertragen, so macht man h nie größer als $0,3 d$, da die Mutter dann ganz unbelastet ist. Eine gewöhnliche Mutterform zeigen

Fig. 429 u. 430, worin auch eine zur Vertheilung des Mutterdruckes auf eine große Fläche der Unterlage bestimmte Unterlegscheibe mit dargestellt ist.

Der Schraubenbolzen wird in der Regel am einen Ende mit Gewinde versehen; am anderen erhält er statt dessen einen festen Kopf, welcher meist ein Quadrat von der Seitenlänge D bildet und die Höhe $h = 0,45 D$ erhält (Fig. 431). In seltenen Fällen wird der Kopf sechseckig geformt.

Besondere Formen von Mutter und Kopf entstehen in folgenden Fällen.

Soll die Mutter nicht vor den verbundenen Theilen vortreten, so setzt man sie in eine Vertiefung, welche so weit gemacht wird, daß die Wandstärke des am Ende ein entsprechendes sechseckiges Loch zeigenden Stockschlüssels aus Rundeisen mit doppeltem Handgriff darin Platz findet, oder man macht die Mutter kreisrund und gibt ihr in der Oberfläche 2 Löcher, um sie mit dem zweizinkigen Zirkelschlüssel in die gleich weite kreisrunde Vertiefung drehen zu können. Beim Andrehen der Mutter dreht sich der Bolzen leicht mit; man muß daher mittels eines Schraubenschlüssels am Kopfe, welcher deshalb die Maulweite D erhält, gegen halten. Geht dies nicht, so bringt man am unteren Schaftheile oder Kopfe geeignete Vorrichtungen zur Verhinderung der Drehung an.

Ist eine fest angezogene Schraube dauernd Erschütterungen ausgesetzt, so löst sich die Mutter allmählich von selbst, indem die Reibung zwischen Mutter und Bolzenschraube durch die Vibrationen überwunden wird. Man verwendet des-

223.
Schrauben-
kopf.

224.
Besondere
Formen
von Mutter
und Kopf.

halb für die Bau-Constructions geeignete Vorkehrungen gegen das Losdrehen der Muttern.

Wirken die Schrauben einfach auf Zug, so ist d' nach den Gleichungen 117. u. 118. zu bestimmen, welche, wenn mehrere Schrauben die Last P übertragen, auch die Anzahl n derselben ergeben.

225.
Schrauben-
verbindungen.

Auf Abschöpfung ergibt sich der Bolzendurchmesser d'' für die Kraft P nach Gleichung 119. bis 121.; sind mehrere Bolzen des Durchmessers d'' zu verwenden, so ergibt sich die erforderliche Anzahl n aus:

$$n = \frac{4 P}{\pi t d''^2} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' \leq 2 \delta; \dots \dots \dots 122.$$

$$n = \frac{2 P}{\pi t d''^2} \text{ für zweischnittige Bolzen, } d'' \leq \delta; \dots \dots \dots 123.$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für einschnittige Bolzen, } d'' > 2 \delta, \text{ und } \left. \dots \dots \dots 124. \right\}$$

$$n = \frac{P}{s'' \delta d''} \text{ für zweischnittige Bolzen, } d'' > \delta.$$

Wird der Bolzen des Durchmessers d'' zugleich auf den Zug S und die Abschöpfung T , d. h. schräg beansprucht, und bezeichnet d_z den dem Zuge S allein genügenden Rundeisen-Durchmesser, so mache man

$$d_{,,} = d_z \sqrt{\frac{1}{8} \left(3 + 5 \sqrt{1 + \left[\frac{2 T}{S} \right]^2} \right)}; \dots \dots \dots 115.$$

für $T = S$ wird $d_{,,} = 1,33 d_z$.

Die Gewichte der Schraubenbolzen werden mit Hilfe der Rundeisen-Tabelle fest gestellt, indem man zur reinen Bolzenlänge zwischen Kopf und Mutter

- 7 Bolzendurchmesser für sechseckige Muttern und Köpfe,
- 8 " " " viereckige " " "

hinzuzählt.

c) Bolzenverbindungen.

Für Bauzwecke ist der Anschluss von Rundeisenstangen mittels angeflachten oder angeschweißten Auges und cylindrischen Verbindungsbolzens an andere Theile, meist Bleche, von besonderer Wichtigkeit. Das Auge wird kreisförmig (Fig. 432) oder länglich (Fig. 433) geformt. Bezeichnet δ die geringere der Stärken der beiden Theile (Auge des Befestigungsbolzens und Anschlussblech), so ist auch hier für einschnittigen Anschluss

226.
Bedingungen.

$$\delta d_{,,} s'' \geq \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t$$

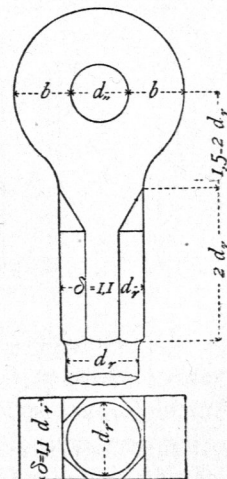
die Bedingung, dass Abschöpfung, nicht Lochlaibungs-Druck in Frage kommt; eben so für zweischnittigen Anschluss

$$\delta d_{,,} s'' = 2 \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t.$$

Hierin ist $\frac{s''}{t} = 1,9$ zu setzen, da in den Schraubenbolzen

meist nicht besseres Material steckt, als in den Rundeisen und Blechen, und es lauten demnach die obigen Bedingungen: Abschöpfung kommt in Frage bei einschnittigen Bolzen, wenn $d_{,,} \leq 2,4 \delta$, bei zweischnittigen Bolzen, wenn $d_{,,} \leq 1,2 \delta$. Ist $d_{,,}$ größer, so ist in beiden Fällen auf Lochlaibungs-Druck zu rechnen.

Fig. 432.



227.
Kreisförmiges
Bolzenauge.

Das kreisförmige Bolzenauge (Fig. 432) wird in der Regel dadurch hergestellt, daß man den voll mit s' beanspruchten Rundeisen-Durchmesser d_r in ein Achteck der Maulweite $\delta = 1,1 d_r$, dieses in ein Quadrat der Seite $\delta = 1,1 d_r$ und dieses in das kreisförmige Auge der Randstärke b und des Augendurchmessers $d_{,,}$ übergehen läßt.

Bezeichnet, wie früher, s' die zulässige Zugspannung, t die zulässige Scherspannung im Rundeisen, Verbindungsbolzen und Anschlußbleche, so kann man hier

$\frac{s'}{t} = \frac{5}{4}$ setzen; wie früher ist auch im vorliegenden Falle der Lochlaibungs-Druck $s'' = 1,5 s'$ anzunehmen. Der Augendurchmesser muß nun sein:

$$d_{,,} = 1,12 d_r \quad \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d_{,,} \leq 2,4 \delta, \quad . . \quad 126.$$

$$d_{,,} = 0,79 d_r \quad \text{für zweifchnittige Bolzen, wenn sich } d_{,,} \leq 1,2 \delta, \quad . . \quad 127.$$

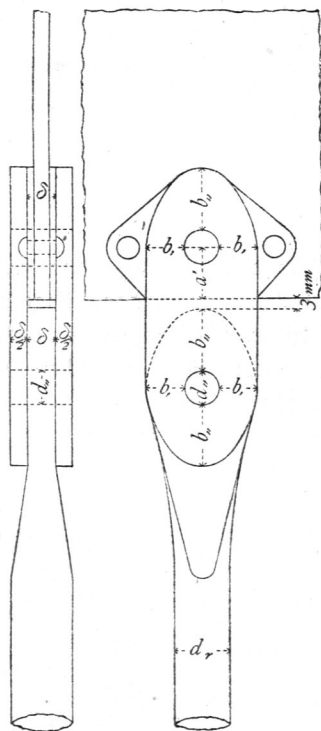
$$d_{,,} = 0,52 d_r \frac{d_r}{\delta} \quad \text{für einschnittige Bolzen, wenn sich } d_{,,} > 2,4 \delta \text{ und } \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \quad 128.$$

$$d_{,,} = 0,52 d_r \frac{d_r}{\delta} \quad \text{für zweifchnittige Bolzen, wenn sich } d_{,,} > 1,2 \delta \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$$

ergiebt.

Im Bolzenauge selbst ist $\delta = 1,1 d_r$; daher lautet für das Auge die Gleichung 128.: $d_{,,} = 0,48 d_r$. Bei der Benutzung dieser Formel ist für δ sowohl die Augenstärke, wie andererseits die Stärke des Theiles in Rücksicht zu ziehen, an welchem der Anschluß erfolgt.

Fig. 433.



Die Randbreite b des Auges ist gleich $0,72 d_r$ zu machen. Sollte irgend wo an die Rundeisenstange ein Schraubengewinde ange schnitten sein, so ist als d_r der innere Gewindedurchmesser d' einzuführen, für den hier jedoch nicht, wie in Gleichung 117., die zulässige Zugspannung auf 600 kg pro 1 qcm ermäßigt zu werden braucht.

In vielen Fällen ergibt sich für das kreisförmige Auge nach Fig. 432 eine Stärke δ , welche erheblich größer ist, als die desjenigen Theiles, an welchem der Anschluß erfolgt; der Durchmesser $d_{,,}$ ist dann nach der geringeren Stärke δ_1 dieses Theiles zu bemessen und wirkt auf die Bildung des Auges äußerst ungünstig ein. Man kann dann die Stärke δ im Anschlußbleche dadurch erreichen, daß man dasselbe durch einseitiges oder zweifseitiges Auflegen von Blechen um $\delta - \delta_1 = \delta_2$ verstärkt, muß aber diese Verstärkungen mit dem Anschlußbleche vor Auflegen des Auges oder seiner Lafchen mit einer Anzahl von Niete n verbinden, welche nach Gleichung 83. bis 85. (S. 142) aus der Kraftgröße $\frac{P \delta_2}{\delta}$ zu ermitteln ist; diese Niete sind, so weit sie sich ganz oder zum Theile in der Auflagerfläche des Auges oder der Lafchen befinden, beiderseits zu versenken.

228.
Gabelförmiges
Doppelauge.

Der Anschluß solcher Theile soll stets zweifseitig, nur bei ganz untergeordneten gering belasteten Gliedern einschnittig erfolgen. Unmittelbar läßt sich der doppelte Anschluß nur erreichen, wenn man ein gabelförmiges Doppelauge mit einem Schlitze gleich der Dicke des Anschlußbleches an die Stange schweißst. Das Schmieden und Schweißen dieser Gabelaugen ist aber schwierig und theuer; es ist deshalb für Bau-

arbeiten dieser Anschlufs entweder zu kostspielig oder unfolide. Nur bei gegoffenen Druckgliedern ist die Verwendung dieser complicirten Form zulässig; bei schmiedeeisernen Theilen soll der Anschlufs durch doppelte Lafchung erfolgen, wobei man die Lafchen mit der Stärke $\frac{\delta}{2}$ und nach der Form eines doppelten Auges (Fig. 433 u. 434) mit 3 mm Spielraum zwischen dem Stangenaug und dem Anschlufsbleche ausbildet.

Häufig find auch derartige Anschlüsse, in denen sich von der einen Seite die Augen zweier schwächeren, von der anderen das Auge einer stärkeren Zugfange ohne Mittelglieder auf den Bolzen hängen.

Werden mehrere Glieder durch einen Bolzen verbunden, so ist auch hier nach Maßgabe des in Art. 203 (S. 140) zu Fig. 411 u. 412 Gefagten darauf zu achten, das die Biegungsspannungen im Bolzen durch zweckmäßige Anordnung der Theile zu einander thunlichst klein gehalten werden.

Das elliptische Bolzenauge (Fig. 433) wird fast immer verwendet, wenn es sich um den Anschlufs von Flacheisen handelt, jedoch auch häufig in den Anschlüssen von Rundeisen. In beiden Fällen wird das Auge meist durch Stauchen und Aus Schmieden erzielt. Da man aber beim Aus Schmieden bezüglich der Augendicke δ von der Dicke des Flach- oder Rundeisens unabhängig ist, so wird man sie der Dicke des Anschlufstheiles anzupaffen streben, sie aber jedenfalls so bemessen, das der Gelenkbolzen von der Last P auf Lochlaibungs-Druck und Abscherung in gleichem Maße gefährdet wird. Man macht daher

$$d_{,,} = 2 \sqrt{\frac{P}{\pi t}} \text{ für einschnittige Abscherung, 129.}$$

$$d_{,,} = \sqrt{\frac{2P}{\pi t}} \text{ für zweischnittige Abscherung 130.}$$

und hiernach dann gemäß

$$\delta d_{,,} s'' = \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t \text{ für einschnittige,}$$

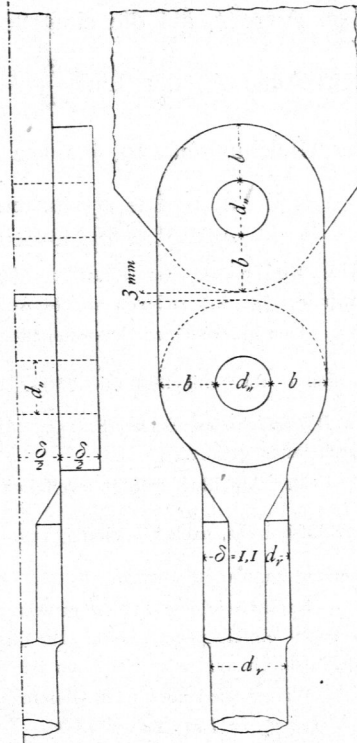
$$\delta d_{,,} s'' = 2 \frac{d_{,,}^2 \pi}{4} t \text{ für zweischnittige Bolzen, bei } s'' = 1,9 t,$$

$$\delta = 0,42 d_{,,} \text{ für einschnittige Bolzen, 131.}$$

$$\delta = 0,83 d_{,,} \text{ für zweischnittige Bolzen 132.}$$

Sollte der Anschlufstheil erheblich schwächer sein als δ , etwa δ_1 stark, so muß man ihn zunächst wieder durch gefondert aufgenietete, thunlichst beiderseitige Zulagebleche der Gesamtfärke $\delta_{,,} = \delta - \delta_1$ verdicken. Nimmt man diese Verdickung des zu schwachen Anschlufsbleches nicht vor, so muß der Bolzendurchmesser auf Lochlaibungs-Druck im Anschlufsbleche bemessen werden, und man erhält alsdann meist übermäßig weite Augen.

Fig. 434.



229.
Elliptisches
Bolzenauge.

Das Auge selbst wird nun meist so geformt, daß die Breite des Randes neben dem Auge b_1 auf die einfache Zugspannung s' berechnet der Last $\frac{3}{4} P$, die hinter dem Auge $b_{,,}$ der Last $\frac{5}{4} P$ entspricht. Es ergibt sich dann unter Benutzung der Gleichungen 129. bis 132., bei $s' = \frac{5}{4} t$,

$$b_1 = 1,12 d_{,,} \text{ für ein- und zweifchnittige Bolzen, } 133.$$

$$b_{,,} = 1,87 d_{,,} \text{ für ein- und zweifchnittige Bolzen } 134.$$

Beispiel. Eine Kraft von 5000 kg soll durch ein Rundeisen, welches am einen Ende ein Schraubengewinde trägt, am anderen an ein Anflufsblech von 1 cm Stärke abgegeben werden.

Der innere Gewindedurchmesser der Stange ist nach Gleichung 117., wenn dort wegen fehlender Torsion s' statt mit 600 mit 750 kg eingeführt wird, $d' = 0,2 + 2 \sqrt{\frac{5000}{\pi \cdot 750}} = 3,12 \text{ cm}$, wozu nach der *Witworth'schen* Scala (S. 153) als nächst größeres das Rundeisen Nr. 13 mit $d_r = 3,9 \text{ cm}$ Brutto-Durchmesser gehört.

Der Anflufs erfolgt zweifchnittig durch doppelte Lafchung; es muß daher der Durchmesser des Anflufsbolzens nach Gleichung 130. $d_{,,} = \sqrt{\frac{2 \cdot 5000}{3,14 \cdot 600}} = 2,3 \text{ cm}$ fein, wenn $t = 600 \text{ kg}$ Abfcherungsspannung zugelassen werden.

Nach Gleichung 132. folgt weiter $\delta = 0,83 d_{,,} = 0,83 \cdot 2,3 = 1,9 \text{ cm}$; es muß also das Anflufsblech um 0,9 cm einseitig oder besser um 0,45 cm beiderseitig verfürkt werden. Es soll $\delta = 2 \text{ cm}$ gemacht, das Anflufsblech auf jeder Seite um 0,5 cm verfürkt werden.

Weiter wird noch nach Gleichung 133. $b_1 = 1,12 d_{,,} = 1,12 \cdot 2,3 = 2,6 \text{ cm}$ und nach Gleichung 134. $b_{,,} = 1,87 d_{,,} = 1,87 \cdot 2,3 = 4,3 \text{ cm}$.

Jede der beiderseitig aufzulegenden Lafchen wird nun 1 cm stark, und die Ausfchmiedung des Rundeisens in das glatte Auge muß so angeordnet werden, daß mindestens überall die volle Querschnittsfläche eines Kreifes vom Durchmesser $d' = 3,12 \text{ cm}$ vorhanden ist.

Die Kraft, welche aus jeder Verfürkung an das Anflufsblech abgegeben werden muß, beträgt $\frac{5000 \cdot 0,5}{2} = 1250 \text{ kg}$. Die für jede Verfürkung einfchnittigen Uebertragungsniete erhalten nach Gleichung 82.

(S. 142) $d = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ cm}$ Durchmesser, und ihre Anzahl ist nach Gleichung 83. $n = \frac{1250 \cdot 4}{1^2 \cdot 3,14 \cdot 750}$, wenn die Scherspannung im Niete zu 750 kg pro 1 qcm gesetzt wird, also $n = 2$. Die für die zweite Verfürkung gleichfalls einfchnittigen, anderen Längenhälften dieser Bolzen bewirken dort den Anflufs, so daß 2 Niete zum Anschlusse beider Verfürkungen genügen. Im verfürkten Anflufsbleche braucht der Bolzen nur um das aus Gleichung 103. (S. 145) folgende Maß $a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right)$ abzufehen; für $\frac{s''}{t'} = 1,9$ ergibt sich $a' = 2,3 \left(\frac{1}{2} + \frac{1,9}{2} \right) = \text{rund } 3,5 \text{ cm}$. Die berechnete Anordnung ist in Fig. 433 dargestellt.

Die Befestigungsbolzen dieser Verbindungen ordnet man häufig ganz ohne Mutter, nur mit einem schwachen durchgesteckten Splinte, welcher bloß das Herausfallen des Bolzens zu verhindern hat, an.

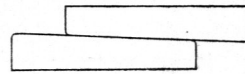
d) Keile und Splinte, Keil- und Splintverbindungen.

Der Unterschied zwischen Keilen und Splinten besteht darin, daß Splinte keine Abfcherungsspannung in Folge des Einfsteckens oder Eintreibens erleiden, sondern nur nachträgliche Löfung der Verbindung verhindern, während Keile durch ihre Form beim Einfsetzen in den verbundenen Theilen Spannungen erzeugen. Die regelmäßige Querschnittsform beider ist das Rechteck mit der größeren Seite in der Kraftrichtung; Splinte, welche überhaupt keine Spannungen erleiden, nur zufälliges

Lösen einzelner Theile verhindern sollen, werden meist als kreisrunde Stifte ausgebildet. Die rechteckigen Splinte unterscheiden sich von den Keilen durch die Längenanficht, welche bei ersteren rechteckig, bei letzteren des Keilanzuges wegen trapezförmig ist; der Anzug beträgt gewöhnlich $\frac{1}{25}$ bis $\frac{1}{20}$ der Länge; nur wenn man eine selbstthätige Lösung durch besondere Vorkehrungen verhindert, macht man ihn größer, etwa $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{6}$ der Länge.

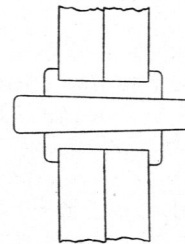
Da ein einfacher Keil feiner Form wegen im rechteckigen Loche immer nur mit einer Kante anliegen kann und hier Zertörungen hervorruft, und da man diesen Mangel aber auch durch entsprechend trapezförmig hergestellte Keillöcher nicht ganz beseitigen kann, so verwendet man für schwere Constructionen gern Doppelkeile, welche stets parallele Kanten geben (Fig. 435), oder dreifache Keile, deren beide Aufsentheile die zu verbindenden Theile mit Nasen umfassen (Fig. 436). Es muß dabei die Summe der Nasenbreiten kleiner sein, als der kleinste Abstand zwischen den Aufsentheilen, da sonst die Aufsentheile nicht eingebracht werden können.

Fig. 435.



Bei mehrfachen Keilen nennt man die Theile, welche die zu verbindenden Stücke mit Nasen umfassen, Nasenkeile, den eigentlichen Treibkeil Setzkeil. Die Kanten des einen Keiltückes, welche sich auf der schrägen Fläche des anderen zu bewegen haben, rundet man etwas ab, damit kein Einfressen vorkommt.

Fig. 436.



Der rechteckige Querschnitt der Keile und Splinte wird wohl beiderseits nach einem Halbkreise abgerundet, damit die verbundenen Theile eben so beansprucht werden, wie durch Niet- oder Schrauben- oder Befestigungs-Bolzen.

Um die Keile nachträglich nachziehen zu können, macht man die Keillöcher in den zu verbindenden Theilen etwas zu lang, so daß sie auf der unbelasteten Seite nicht ganz am Keile anliegen.

Um selbstthätiges Lösen der Keile zu verhindern, steckt man bei einfachen Keilen einen Splint durch ein Bohrloch am dünnen Ende oder durch die verbundenen Theile und den Keil gemeinsam, in welchem Falle man behufs Erleichterung späteren Nachziehens auch eine kleine Druckschraube verwenden kann. Doppelkeile und dreifache können sich nicht lösen, wenn die Theile nachträglich fest mit einander verbunden werden.

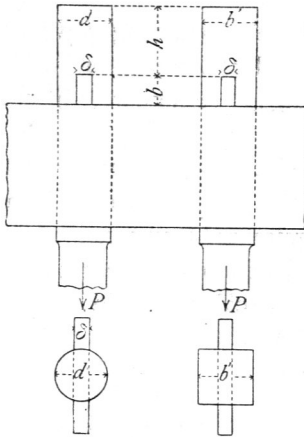
Rechteckige Keile, bzw. Splinte vorausgesetzt, muß unter dem Zuge P die Stange neben dem Keile eben so leicht abreißen, wie die beiden Keil-Endflächen, und eine der in den Keilflanken liegenden Ebenen im hinteren Stangenkopfe ab-, bzw. ausgeschoren werden; schliesslich darf der Lochlaibungs-Druck s'' hinter dem Keile das zulässige Maß nicht überschreiten. Die vorletzte Annahme macht man, weil die Keile selten so genau passen, daß sie mit ihrer ganzen Fläche gleichmäÙig im Loche anliegen; meist muß eine Kante die Last vorwiegend tragen.

Es sei, wie früher, t die zulässige Scherspannung im Keile und in der Stange, s' die zulässige Zugspannung in letzterer. Für das Rundeisen (Fig. 437) ergeben sich folgende 4 Gleichungen:

$$\left(\frac{d^2 \pi}{4} - d \delta\right) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad d h t = P \quad \text{und} \quad d \delta s'' = P;$$

231.
Berechnung
der Keile
und Splinte.

Fig. 437. Fig. 438. daraus folgt:



$$\left. \begin{aligned} \delta &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{s''} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}}, \\ d &= 2 \sqrt{\frac{P}{\pi s''} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ b &= \sqrt{\frac{P}{\pi t} \frac{s''}{t} \left(1 + \frac{s''}{s'}\right)}, \\ h &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P \pi}{t} \frac{s''}{t} \frac{1}{1 + \frac{s''}{s'}}} \end{aligned} \right\} \dots 135.$$

Soll z. B. eine eiserne Stange mittels eisernen Keiles 3500 kg tragen, so ist $\frac{s''}{t} = 1,9$ und $\frac{s''}{s'} = 1,5$ zu setzen, und macht man $s' = 800$ kg, so ist $t = 640$ und $s'' = 1200$ kg. Gleichung 135. liefert alsdann folgende Werthe:

$\delta = 0,95$ cm, $d = 3,03$ cm, $b = 2,88$ cm und $h = 1,81$ cm, welche für die Ausführung abgerundet werden.

Für das Quadrateisen (Fig. 438) lauten die Gleichungen:

$$b' (b' - \delta) s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad b' h t = P \quad \text{und} \quad b' \delta s'' = P,$$

und daraus folgt:

$$\left. \begin{aligned} \delta &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{s''}}, & b' &= \sqrt{P \frac{s' + s''}{s' s''}}, \\ b &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{s'} \frac{s' + s''}{t} \frac{s''}{t}}, & h &= \sqrt{\frac{P}{s' + s''} \frac{s'}{t} \frac{s''}{t}} \end{aligned} \right\} \dots 136.$$

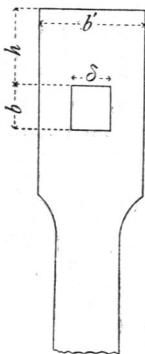
Für obiges Beispiel giebt Gleichung 136. die Werthe:

$\delta = 1,08$ cm, $b' = 2,7$ cm, $b = 2,56$ cm und $h = 2,08$ cm.

Meistens wird man die Enden der Eifen vor Herstellung des Loches behufs Ausführung obiger Mafse etwas anstauchen, so dafs die Abmessungen d und b' nicht in der ganzen Stange durchgeführt zu werden brauchen, sondern auf die der Fläche $\frac{P}{s'}$ entsprechenden Mafse vermindert werden können (Fig. 437 u. 438).

Für das Flacheisen (Fig. 439) des Querschnittes $\frac{P}{s'}$ und der Dicke δ' ergeben

Fig. 439.



sich die Mafse im Keilanschlusse aus den 4 Gleichungen:

$$(b' - \delta) \delta' s' = P, \quad 2 b \delta t = P, \quad h \delta' t = P \quad \text{und} \quad \delta \delta' s'' = P,$$

woraus folgt:

$$\delta = \frac{P}{s'' \delta'}, \quad b' = \frac{P}{\delta'} \frac{s' + s''}{s' s''}, \quad b = \frac{\delta'}{2} \frac{s''}{t}, \quad h = \frac{P}{t \delta'} \dots 137.$$

Soll z. B. eine Flacheisenstange von $\delta' = 1,5$ cm Dicke eine Last von 5000 kg bei den obigen Spannungsverhältnissen tragen, so wird nach Gleichung 137. $\delta = 2,74$ cm, $b' = 7$ cm, $b = 1,43$ cm und $h = 5,2$ cm. Die Stangenbreite selbst ist $\frac{5000}{800 \cdot 1,5} = 4,2$ cm.

Es wird nun nach diesen Gleichungen für gleiche Sicherheit in allen Theilen für Flacheisen fast regelmässig, für Rund- und Quadrateisen häufig die Keilbreite b so gering, dafs man sie für die Aus-

führung über das berechnete Maß hinaus vergrößern muß; es sind dann alle anderen Maße beizubehalten; der ganze Anschluß ist aber um das Maß, das dem theoretischen b zugefetzt wurde, zu verlängern.

Die Vergrößerung von b wird immer nöthig bei Doppelkeilen und dreifachen Keilen, weil sonst die einzelnen Theile unausführbar geringe Breitenabmessungen erhielten. Man macht

$$b = 3 \delta \text{ bis } 4 \delta \text{ für Doppelkeile und}$$

$$b = 4 \delta \text{ bis } 5 \delta \text{ für dreifache Keile.}$$

Selbstverständlich muß der Keil an beiden Seiten des angefchloffenen Theiles so viel Auflagerlänge haben, daß auch hier der zulässige Flächendruck auf den stützenden Theilen nicht überschritten wird.

Sehr häufig werden Keilanschlüsse, namentlich mit abgerundeten Keilen, auch nach den zu Fig. 432 bis 434 gegebenen Regeln ausgeführt, indem man die Augen um so viel verlängert, wie die Keillänge b den zu den Figuren gehörenden Bolzendurchmesser d'' übertrifft.

2. Kapitel.

Verlängerung von Eifentheilen.

Die Verlängerung von Eifentheilen kommt hier nur für Schmiedeeisen-Constructionen in Frage.

232.
Allgemeine
Regeln.

Die Verlängerung einfacher Querschnitte in Schmiedeeisen ist zum Theile bereits bei den Verbindungen durch Niete (Fig. 407 bis 410), Schrauben (Fig. 433 u. 434) und Keile (Fig. 437 bis 439) behandelt worden, da alle dort für Anschlüsse an anderweitige Theile gegebenen Formen auch für den Zusammenfluß gleichartiger Theile verwendet werden können.

Die bei Verlängerungen zu beobachtenden allgemeinen Regeln sind folgende:

1) Die Mittelkraft aller Spannungen muß in sämtlichen Theilen der Verbindung in die Schwerpunktsaxe der verbindenden und verbundenen Theile fallen.

2) Derjenige Querschnitt der verlängerten, bzw. verbindenden Theile, welcher durch die bei fast allen Verbindungen nöthige Lochung am meisten geschwächt ist, muß auch den vom ganzen Gliede verlangten Sicherheitsgrad besitzen. Es muß daher entweder das ganze Glied um die Verschwächung in der Verbindung mit Rücksicht auf das bei den Nietungen (in Art. 200, S. 138 u. 216, S. 148) Gefagte verstärkt werden, oder man muß dem Theile ein besonders geformtes Verbindungsglied anschweißen oder anstauchen, wie in Fig. 433, 434, 437 u. 438.

3) Die verbindenden Theile: Niete, Schrauben, Keile etc., sollen in sich auf Abfcherung, Biegung und Lochlaibungs-Druck denselben Sicherheitsgrad besitzen, wie die verbundenen Theile an der schwächsten Stelle. Bezeichnet s'_a die zulässige Normalspannung in den verbundenen Theilen und etwaigen Laschen, s'_b in den verbindenden, s'' den zulässigen Lochlaibungs-Druck, t die zulässige Scherspannung in den verbindenden, t' in den verbundenen Theilen und Laschen, so kann man nach den gemachten Erfahrungen folgende Verhältnisse dieser Spannungsgrößen einführen, wenn die verbindenden Theile als aus besonders gutem Materiale hergestellt angenommen werden: