



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Konstruktions-Elemente in Stein, Holz und Eisen, Fundamente

Marx, Erwin

Stuttgart, 1901

a) Niete und Nietverbindungen

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

III. Teil, 1. Abteilung:
KONSTRUKTIONSELEMENTE.

3. Abschnitt.
Konstruktionselemente in Eisen.

Von GEORG BARKHAUSEN.

1. Kapitel.

Verbindung von Eifenteilen.

Eiserne Konstruktionsteile werden in sehr verschiedener Weise miteinander verbunden. Das Zusammenerschweißen von Eisen und Stahl kommt an dieser Stelle nicht in Frage; hauptsächlich werden es die Verbindungen mittels Nieten, mittels Schrauben, mittels Bolzen, mittels Keile und mittels Splinte sein, deren Betrachtung die Aufgabe des vorliegenden Kapitels ist.

189.
Warme
Nietung

a) Niete und Nietverbindungen.

1) Niete und Nietlöcher.

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

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

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

Um einem Niete vom Durchmesser d und der schließlichen Schaftlänge a sicher einen guten Schließkopf geben zu können, ist die Schaftlänge des Nietbolzens mit $1,1 a + 1,33 d$ zu wählen.

Die Köpfe brauchen nicht mittels Gefenkhammer vor den Flächen der vernieteten Teile vorspringend ausgebildet zu werden; man kann vielmehr den cylindrischen Löchern an einem oder an beiden Enden Ausweitungen nach Gestalt eines abgestumpften Kegels, mit der größeren Endfläche in der Außenfläche der zu nietenden Teile, geben und den Bolzen so lang machen, daß er, mit Zuschlaghämmern niedergeschmiedet, die Ausweitung gerade ausfüllt; auf solche Weise entstehen die versenkten Niete (siehe Fig. 412).

Nach Ausbildung des Schließkopfes ist das Bewegen des Bolzens nach keiner Seite mehr möglich; er füllt durch die Anfauchung beim Ausbilden des Schließkopfes das Loch aus, legt sich auch mit den Ringflächen der Köpfe so eng an die Flächen der genieteten Teile an, daß man selbst mit scharfen Werkzeugen nicht in die Fuge unter dem Kopfe eindringen kann. Da dieser Zustand hergestellt wird, während der Niet noch heiß ist, zieht dieser sich aber bei weiterer Abkühlung noch zusammenzieht, d. h. verkürzt, so werden die zu vernietenden Teile beim Erkalten immer fester aufeinander gepreßt, und es entsteht eine Reibung zwischen ihnen, welche in vielen Fällen allein genügt, um das Auseinanderziehen der vernieteten Teile durch die wirkenden Kräfte zu verhindern.

Da zum Ausbilden des Schließkopfes schwere Hammerschläge erforderlich sind, so ist Vernietung bei solchen Baustoffen ausgeschlossen, welche Hammerschläge nicht ertragen; dahin gehört z. B. Gußeisen. Die Möglichkeit der Nietung von Eisteilen beschränkt sich also auf Schweisseisen, Flußeisen und Stahl. Ebenso ist selbstverständlich warme Nietung bei allen Metallen ausgeschlossen, welche bei Berührung mit weißglühendem Eisen verbrennen, schmelzen oder sonst zerstört werden.

190.
Kalte
Nietung.

Nicht alle Eisennietungen werden mit glühenden Nieten ausgeführt. Sinkt der Nietdurchmesser unter 10 mm, so werden die dünnen Schäfte durch Weißglühhitze zu stark angegriffen, oft völlig verbrannt. Bei Verwendung solcher Masse stellt man die Niete aus weichem Eisen her und schmiedet den Schließkopf mit oder ohne Schellhammer kalt. Solche Nietungen sind wegen mangelhafter Ausfüllung des Loches erheblich weniger tragfähig und dicht.

191.
Nietloch.

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

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

Zunächst wird das Metall in der Umgebung des Loches durch die großen Scherspannungen, welche am Lochrande selbst bis zur Zerstörung steigen müssen, leicht verdrückt und jedenfalls in der Tragfähigkeit wesentlich beeinträchtigt; schmale Eisteile werden beim Lochen nach Länge und Breite auseinander gedrückt, so daß der Rand wellenförmig und die richtig hergestellte Nietteilung zu weit wird. Es ist daher ganz unzulässig, schmale schwache Eifen (Bandeisen, Winkeleisen, schwache E-Eisen u. f. w.) unter dem Durchstoße zu lochen; sie müssen die Löcher auf andere Weise erhalten. Das Lochen mit der Stoßmaschine ist auf starke Eisensorten (große Bleche, Stege starker I-Träger u. f. w.) zu beschränken.

Insbesondere entstehen beim Lochen des Stahles am Rande des Loches Haarrisse, welche das fertige Stück durchaus unzuverlässig machen.

Sodann muß die Matrize etwas zu weit fein, damit der Dorn sich nicht in sie einklemmt; dadurch bekommen die Löcher eine merklich kegelförmige Gestalt (Anzug 1:8), welche nach dem Zusammenlegen der Teile beim Ausbilden der Niete plötzliche und daher schädliche Aenderungen des Schaftdurchmessers ergibt.

Jedenfalls soll die Lochung so erfolgen, daß beim Zusammenlegen der Teile die engen Lochenden zusammentreffen, damit der fertige Schaft eine doppeltkegelförmige Gestalt mit dem kleinsten Durchmesser in der Mitte erhält und so die Köpfe im Zusammenhalten der Teile unterstützt.

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

Bei dem schnellen Fortschritte der Lecharbeit ist es schwierig, die schweren Teile stets in die genau richtige Lage zu bringen; häufig kommen daher kleine Fehler in der Lochstellung vor, welche gutes Passen der Löcher und dichten Schluß der Fuge zwischen den zu verbindenden Teilen ausschließen.

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

Die Löcher werden mit lotrechten Bohrmaschinen erzielt, deren Bohrer gebrochene Schneiden mit dem tiefsten Punkte in der Mitte und einer Gesamtbreite gleich dem Lochdurchmesser haben, oder neuerdings häufiger als schraubenförmige Schneidewerkzeuge mit Spitze ausgebildet sind. Es ist leicht, diese Bohrer mit der Spitze genau in die vorgezeichnete Lochteilung zu setzen; sie schneiden dann eine kegelförmige Vertiefung, welche so lange erweitert wird, bis der volle Lochdurchmesser hergestellt ist, ohne daß dabei das umgebende Metall erheblich in Mitleidenschaft gezogen würde. Die oben gerügten Mißstände fallen dabei fort. Zwar erzeugt sich auf der Unterseite auch ein leichter Grat; doch ist dieser geringfügig und leicht zu beseitigen.

Bei Verwendung der älteren, dreieckigen Bohrer wird die Lochwandung durch die Schnitte der beiden äußeren Ecken der Bohrschneide erzeugt, welche die Wandung in flachen Schraubengängen herstellen, so daß dieselbe nicht glatt, sondern gefurcht erscheint, etwa wie die mit dem spitzen Schneidestahl gehobelte Fläche. Der Schneckenbohrer schneidet die Lochwandung dagegen mit scharfer schraubenförmiger Schneide fertig, so daß sie ganz glatt, häufig spiegelnd ausfällt. Da nun recht glatte Wandungen die gute Ausfüllung des Loches durch den Niet fördern, so werden die Schneckenbohrer jetzt ganz allgemein den alten Dreiecksbohrern vorgezogen. Auch zum Ausreiben rauher oder nicht genau passender Löcher eignet sich der Schneckenbohrer vorzüglich.

Ein Mittelweg zwischen Stoßen und Bohren, welcher selbst bei Stahl von vielen für zulässig erklärt wird, besteht darin, daß man das Loch zuerst nur mit etwa $\frac{3}{4}$ des Durchmessers stößt und den verbleibenden ringförmigen Rest dann nachbohrt oder nachreibt.

Der mit dem Setzkopfe versehene Schaft oder Bolzen des Nietes zeigt nur dicht an diesem Kopfe den vorgeführten Durchmesser; im Mittel ist er etwa 3 Vomhundert schwächer, als das auszufüllende Loch; im übrigen ist er etwas kegelförmig gestaltet, damit er ohne zu großen Widerstand in das Nietloch getrieben werden kann.

Schaftlängen, welche das 4-fache des Durchmessers übersteigen, stellen die vollkommene Ausfüllung des Loches durch das Stauchen in Frage und sind daher zu vermeiden; sind Bolzen von größerer Länge nicht zu umgehen, so zieht man Schraubenbolzen vor.

Die Nietköpfe erhalten verschiedene Form; Beispiele zeigen Fig. 408 bis 415. Die ursprünglich vorhandenen Setzköpfe haben sehr häufig eine andere Form, als die mit dem Schellhammer herzustellenden Schließköpfe.

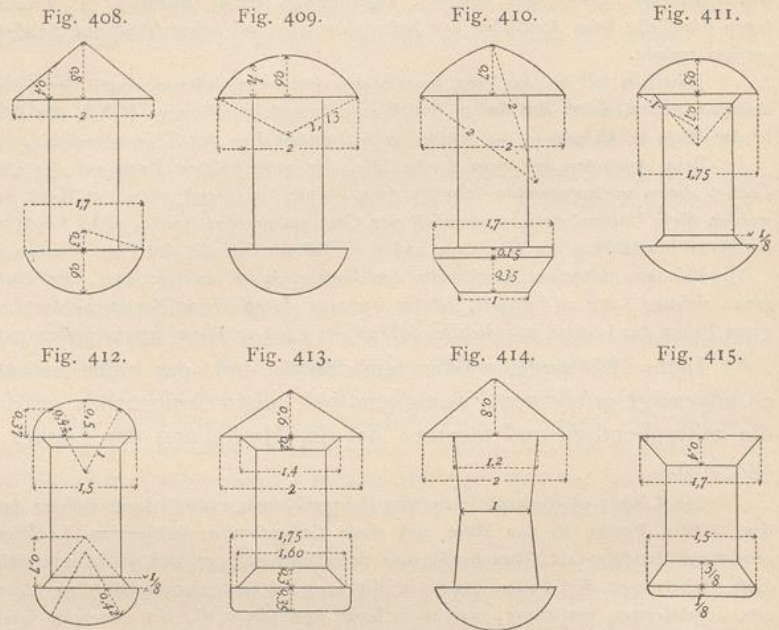
Der unvermittelte Uebergang des breiten Kopfes in den schmalen Schaft beeinträchtigt die Tragfähigkeit des Nietes; es ist daher zweckmäßig, die Kante des

192.
Nietchaft.

193.
Nietkopf.

Loches 1 bis 2 mm tief und breit mit einem zu weiten Dreiecksbohrer zu brechen und dem Setzkopfe von vornherein den entsprechenden, kegelförmigen Uebergang vom Kopfe in den Schaft zu geben. Am Schlieskopfe bildet sich dieser nach Maßgabe der Gestalt des Loches von selbst.

Niete für gebrochene Lochkanten zeigen Fig. 411 u. 412; Fig. 413 ist ein halb versenkter Niet; Fig. 415 zeigt zwei Formen versenkter Niete, die jedoch an beiden Enden desselben Nietes gleichzeitig felten ausgeführt werden.



Befonders gebräuchlich für starke Nietungen ist die Form in Fig. 412, da sie bei schmalem Nietkopfe doch eine große Cylinderfläche in der Verlängerung des Schaftumfanges giebt, deren Abscherungsfestigkeit dem Bestreben des Nietes, sich beim Erkalten zusammenziehen, widerstehen muß. Da das Zusammenziehen aber zugleich den Schaft abzureissen strebt, so wird ein gut geformter Niet in der cylindrischen Abscherungsfläche dieselbe Sicherheit haben müssen, wie im Schaftquerschnitte.

Wird die zulässige Scherspannung im vielfach umgearbeiteten Kopfe gleich $\frac{2}{3}$ der Zugspannung im Schaft gesetzt und ist h (Fig. 409) die Höhe des abzufcherenden Cylinders, so muß stattfinden

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

woraus als kleinster Wert

$$h = 0,375 d$$

folgt. Im festeren Setzkopfe kann die Höhe etwas geringer sein. Die Abbildungen zeigen, wenn man die Versenkungen mit berücksichtigt, sämtlich größere Kopfhöhen; offenbar sind aber dreieckige Köpfe ungünstiger, als runde. Die Korbbogenform in Fig. 412 ist gegenüber der Halbkugel über derselben Grundfläche vorzuziehen, weil letztere viel unnützes Metall in die Kuppe des Kopfes bringt.

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

194.
Beanspruchung
des
Nietchaftes.

Der Niet wird bis auf 1100 bis 1200 Grad C. erwärmt; doch ist anzunehmen, daß er bis zum Augenblicke des ersten festen Anliegens des Schließkopfes, des Greifens des Nietes, auf etwa 900 Grad C. abgekühlt ist.

Bezeichnen α die Längenausdehnung der Längeneinheit durch 1 Grad C. Wärmezunahme und l die Länge des Schaftes, E die Elastizitätsziffer des Nietstoffes und σ die Längsspannung im Niete, so würde σ für einen in völlig starre, kalte Masse gezogenen Niet folgen aus $\sigma : E = \alpha l \cdot 900 : l$, woraus $\sigma = \frac{900 \alpha l E}{l}$, und da für Stahl und Eisen $\alpha = 0,0000123$, $E = 2000000$ kg auf 1 qcm zu setzen sind, $\sigma = 900 \cdot 0,0000123 \cdot 2000000 = 22140$ kg für 1 qcm, so daß ein solcher Niet beim Abkühlen notwendig durchreißen müßte.

Nun ist aber der umgebende Körper weder kalt noch starr. Er erwärmt sich durch den Niet auf etwa 400 Grad C., so daß für die Spannung des Nietes nur $900 - 400 = 500$ Grad C. in Frage kommen.

Durch die Spannung σ im Bolzen, welche eine Spannkraft von $\sigma \frac{d^2 \pi}{4}$ liefert, wird ein ringförmiger Körper unter den Kopfrändern vom Querschnitte $\frac{1,25^2 d^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} = 1,25 \frac{d^2 \pi}{4}$ zusammengedrückt; die Spannung darin ist also $\sigma \frac{d^2 \pi}{4} : 1,25 \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{\sigma}{1,25}$, und für die Zusammendrückung Δ auf die Länge l gilt infolgedessen die Beziehung $\Delta : l = \frac{4/5 \sigma}{E}$, woraus $\Delta = 4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ folgt.

Jede der n Fugen zwischen den aufeinander zu nietenden Teilen drücke sich um δ Centim. zusammen; von der ganzen Längung des Schaftes um $500 \cdot 0,0000123 l$ gehen also die Strecken $4/5 \sigma l \frac{1}{E}$ und $n \delta$ ab, und die die Spannung erzeugende Reckung ist demnach

$$500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta.$$

Die Spannung im Bolzen folgt daher aus

$$\sigma : E = \left[500 \cdot 0,0000123 l - \frac{4}{5} \sigma l \frac{1}{E} - n \delta \right]:$$

und aus dieser Gleichung ergibt sich, wenn für E der Wert eingesetzt wird,

$$l = \frac{n \delta}{0,00615 - 0,0000008 \sigma},$$

wonach man bestimmen kann, wie lang ein Niet werden darf, wenn eine bestimmte Längsspannung nicht überschritten werden soll. Geht man mit der Spannung σ für weichen Stahl bis an die Elastizitätsgrenze von $\sigma = 1800$ kg für 1 qcm und setzt man das Maß δ der Zusammendrückung jeder Fuge gleich $0,03$ cm, so folgt

$$l = 6,6 n.$$

Demnach dürfen die Niete bei Vernietung von zwei Platten (also $n = 1$) höchstens 6,6 cm, in drei Platten (für $n = 2$) 13,2 cm u. s. w. lang sein. Der guten Stauchung wegen wird demgegenüber für Handnietung die Grenze $l = 4d$ eingehalten; bei Maschinennietung sind auch längere Niete zulässig.

Lange Niete werden weniger gespannt, wenn man sie nur in demjenigen Teile der Schaftlänge glühend macht, der zur Bildung des Schließkopfes genügt. Dieses Verfahren ist aber zu verwerfen, weil das Nietloch dabei nie gut ausgefüllt werden kann. Sind sehr lange Bolzen erforderlich, so verwende man Schraubenbolzen. Ein gutes Mittel zur Verminderung der Nietspannung ist das Vorwärmen der Umgebung des Loches durch Einschlagen heißer Dorne.

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

195.
Ausfüllung
des
Nietloches.

Ausführung bis zu 2 Vomhundert⁸⁶⁾, bei mangelhafter Ausführung bis zu 5 Vomhundert⁸⁷⁾ steigt.

In Fällen, wo man der Ausfüllung unbedingt sicher sein muß, hat man daher die Löcher leicht kegelförmig ausgerieben, die Nietchäfte nach demselben Kegel abgedreht und dann den Niet kalt eingezogen. Dafs dabei der Schlieskopf schlechter ausfällt, ist wegen der fehlenden Längsspannung im Schaft ungefährlich.

196.
Ausführen
der
Nietung.

Handnietung und Maschinennietung verteilen sich heute so, dafs erstere für kleinere Arbeiten und in kleineren Werkstätten die Regel bildet, wo die teure Anlage der Nietpressen nicht beschafft werden kann.

Eine Nietrotte für Handnietung besteht ausser dem Schmiedejungen, der die Niete heifs macht und herwirft, mindestens aus drei Mann, dem Vorarbeiter 1, dem Zuschläger 2 und dem Gegenhalter 3. 3 setzt zuerst den kalten Stahldorn in das gut passend gearbeitete Loch, und 1 und 2 treiben ihn mit leichten Hämmern (3 kg) durch, um die Lochwandung zu glätten, jedoch nur, wenn die Lochwandung rauh ist. Die Ränder nicht genau passender Löcher auf diese Weise gewaltfam wegzustauchen, ist durchaus unzulässig; sie sollen mit der Ahle weggerieben oder mit dem Schneckenbohrer weggebohrt werden. Passende Löcher mit schlechter Wandung werden überhaupt nicht nachgedornt. 3 steckt nun den heifsen Niet ein und setzt den Gegenhalter — Brechstange mit Höhlung für den Setzkopf, Fufschraube oder Hebel — auf, und 1 und 2 stauchen hierauf mit leichten Hämmern den Kopf an, bis er zu fassen anfängt. Nun setzt 1 den Schellhammer mit der Höhlung für den Schlieskopf auf, und 2 schlägt nach Anweisung von 1 mit dem schweren Zuschläger (8 kg) so lange auf den Schellhammer, bis der Kopf allseitig voll ausgebildet ist, so dafs die Kanten des Schellhammers noch leicht in das zu nietende Blech einschneiden. Die Bildung des Schlieskopfes soll erfolgt sein, solange noch dunkle Rotglut erkennbar ist, da sonst der gute Schluß in Frage gestellt wird und die Köpfe beim Erkalten von den Rändern her einreißen. Bei gröfseren Nietungen besteht die Rotte neben dem Nietjungen gewöhnlich aus 4 Mann, indem für die dauernde Arbeit dem Vorarbeiter 1 zwei Zuschläger 2 zugewiesen werden.

Auf die Maschinennietung hier näher einzugehen, würde hier zu weit führen.

Die Leistung ist bei Handnietung durch eine Rotte

unter günstigen Verhältnissen	600 Niete	von 2 ^{cm} Durchmesser	in 10 Stunden,
» mittleren »	450 »	» 2 »	» 10 »
» ungünstigen »	200 »	» 2 »	» 10 »

Bei Maschinennietung leistet eine gut bewegliche Nietpresse auf der Baustelle unter günstigen Verhältnissen in 10 Stunden bis 800 Niete von 2,5^{cm} Durchmesser bei einem Drucke von 7000 bis 8000 kg, für sehr schwere Niete bis 15000 kg auf 1^{cm} Nietquerschnitt.

Die Möglichkeit der Handnietung hört mit mäfsig langen Nieten von 2,5^{cm} Durchmesser auf, während bei Maschinennietung alles thatsächlich Vorkommende ohne Schwierigkeit geleistet werden kann.

Die Kosten der Nietung betragen für 100 Stück an Arbeitslohn bei:

	13 bis 16 ^{mm} Durchm.	20 bis 23 ^{mm} Durchm.	24 bis 29 ^{mm} Durchm.
Maschinennietung . . .	1,25 Mark	1,5 Mark	1,7 Mark
Handnietung	3,5 »	4,0 bis 4,5 »	5,0 bis 6,0 »

197.
Fertige Niete.

Ein gut ausgeführter Niet, bei welchem der Schaft das Loch voll ausfüllt und die Köpfe fest aufsitzen, ist daran zu erkennen, dafs ein elastisch geführter Hammer bei leichtem Schlage auf den Nietkopf zurückschnellt, wie vom Ambofs; giebt der Schlag einen klappernden Ton und springt der Hammer nicht ab, so ist der Niet im Loche beweglich und in irgend einer Beziehung mangelhaft gebildet. Solche Niete sollen durch Absprennen eines Kopfes mittels Hammers und Stahlmeifels beseitigt und durch neue ersetzt werden.

⁸⁶⁾ Siehe: *Railroad gaz.* 1884, S. 662.

⁸⁷⁾ Siehe: *Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.* 1882, S. 308.

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

2) Anordnung der Vernietungen.

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

198.
Gesichtspunkte.

- α) die Stärke und Länge der Nietbolzen;
- β) die Festigkeit der vernieteten Teile an der durch die Nietlöcher geschwächten Stelle;
- γ) die Festigkeit der vernieteten Teile zwischen den letzten Nieten und dem Blechrande;
- δ) die Reibung zwischen den verbundenen Teilen;
- ε) die Festigkeit des Nietbolzens;
- ζ) der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Wandung des Nietloches: der Lochlaibungsdruck, und
- η) die verbiegende Wirkung auf den Bolzen.

α) Die Stärke des Nietbolzens hängt in erster Linie von der Stärke der zu vernietenden Bleche ab. Macht man die Niete zu dünn, so können sie die Bleche nicht genügend aufeinander pressen; sind sie zu stark, so üben sie infolge ihrer Längsspannung zerstörende Drücke auf die Bleche aus. Ist d der Nietdurchmesser, δ die Stärke eines Bleches, so soll $\frac{d}{\delta}$ zwischen 1,75 und 2,50 liegen, gewöhnlich 2 betragen⁸⁸⁾. Nach *Winkler* soll der Durchmesser für Träger von l Met. Länge

199.
Stärke
des
Nietbolzens.

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

betragen.

Die für Baukonstruktionen verwendeten Nietforten beschränken sich gegenwärtig auf Durchmesser von 0,7, 1,0, 1,2, 1,5, 1,6, 1,9, 2,0, 2,3 und 2,5 cm.

Die Länge der Nietbolzen bestimmt sich aus der Dicke und Zahl der zu verbindenden Teile; jedoch sind die Vernietungen nach dem früher Gefagten so anzuordnen, daß die Schaftlänge das 4-fache des Durchmessers nicht überschreitet. Ist eine grössere Länge nicht zu umgehen, so müssen die in Art. 192 u. 194 (S. 143 u. 144) erwähnten Vorsichtsmaassregeln getroffen werden.

200.
Länge des
Nietbolzens.

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

201.
Festigkeit
der
vernieteten
Teile.

Bei große Kräfte übertragenden, dicken Gliedern wird sich der Regel nach aus diesem Gesetze eine ganz unverhältnismässige Verstärkung ergeben, wenn man versucht, die erforderlichen Niete sämtlich nebeneinander zu setzen, eine Anordnung, welche die gleichmässige Beanspruchung aller Niete zunächst zweck-

⁸⁸⁾ Vergl. auch die nähere Besprechung unter η (Art. 206 u. 232).

mäßig erscheinen läßt. Man giebt daher letzteren Vorteil meistens auf — in vielen Fällen, beispielsweise in schmalen Bandeisen-, Winkelleisenschenkeln, ist diese Stellung auch unmöglich — und stellt die Niete in n_1 Reihen hintereinander, so daß für eine Reihe bei n Nieten überhaupt nur $\frac{n}{n_1}$ Nietlöcher für einen Querschnitt in Abzug kommen. Theoretische Erwägungen über die Spannungen in den zu verbindenden Teilen zwischen den Nietreihen haben die Ansicht entstehen lassen, daß man überhaupt nicht mehr als zwei Nietreihen hintereinander setzen dürfe; jedoch ist zu betonen, daß bislang durch die Anordnung von mehr als zwei Nietreihen hintereinander erkennbare Uebelstände nie hervorgerufen sind.

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

In gezogenen Konstruktionsteilen von Bandform giebt man der theoretischen Breite auf Grund der nachfolgend nachgewiesenen Nietstellung nur einen Zuschlag von einem Durchmesser. Man setzt bei n zu übertragenden Nietkräften in die erste Reihe nur einen Niet, der eine Nietkraft überträgt, so daß hinter dem Niete noch $n - 1$ Nietkräfte wirken; diesen steht aber eine $n + 1$ Nietkräften entsprechende thatächliche Bandbreite gegenüber, so daß nun 2 Niete in eine Reihe gesetzt werden können. Nunmehr verbleiben noch $n - 3$ Nietleistungen zu übertragen; demnach können in das $n + 1$ Nietleistungen entsprechende Band nun in der dritten Reihe 4 Niete gesetzt werden u. f. w.

Diese Stellung 1, 2, 4, 8 u. f. w. muß nach vorn und hinten symmetrisch ausgebildet werden, wenn Band an Band geschlossen werden soll; wird aber ein Band an einen viel stärkeren Konstruktions teil, z. B. an ein Knotenblech, angegeschlossen, der beliebige Schwächung verträgt, so braucht die Nietstellung nur nach der Seite des Bandes hin auf einen Niet spitz auszulaufen.

Wenn diese Nietanordnung auch nicht einwandfrei ist, so ist sie doch im ganzen von den vorgeschlagenen die zweckmäßigste und meist verwendete.

Die hiernach für Bandeisenvernietung aufzustellenden Regeln lauten: die Niete sollen gleichmäßig zu beiden Seiten der Bandachse angeordnet sein und in Reihen winkelrecht zu dieser stehen, deren erste und unter den oben bezeichneten Verhältnissen auch letzte je einen Niet enthalten, während die folgenden thunlichst eine um je zwei erhöhte Nietzahl bekommen.

Bei der Verbindung breiter, gezogener Bleche kann man derartige Stellungen nicht verwenden; man ordnet hier so viele gleiche Nietreihen hintereinander an, daß das Metall zwischen den Nietlöchern der ersten Reihe nicht über bestimmte Grenzen hinaus in Anspruch genommen wird. In der ersten Reihe soll das Metall zwischen den Nietlöchern denselben Sicherheitsgrad besitzen, wie die Niete einer Reihe.

In allen diesen Fällen setzt man die Niete der einen Reihe meist hinter die Mitten der Nietabstände (Teilungen) der anderen; doch wird neuerdings nach Ver-

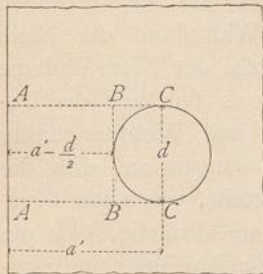
fuchsergebnissen auch befürwortet, die Niete der verschiedenen Reihen gerade hintereinander zu setzen.

Beim Anschlusse oder beim Stosse zusammengesetzter Querschnitte haben die einzelnen Teile, z. B. Winkeleisen, kleine **E**-Eisen, **T**-Eisen u. f. w., in der Regel zu geringe Breite, um mehrere Niete nebeneinander aufnehmen zu können; die jedem Teile zukommenden Niete müssen daher alle hintereinander gesetzt werden, und man hat jeden solchen Querschnittsteil um ein Nietloch zu stark auszubilden.

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

Hier mag darauf hingewiesen werden, dass die vielfachen angedeuteten Unklarheiten bezüglich der Verteilung der Spannkraften auf grössere Nietzahlen und die etwa unvollständig erscheinende Verstärkung genieteter Glieder ihren zu erwartenden übeln Einfluss auf die Güte der Verbindung durch den Umstand zum Teile verlieren, dass bei den Berechnungen von Nietungen die später zu erörternde Reibung der verbundenen Teile aufeinander und an den Ringflächen der Nietköpfe fast stets vernachlässigt wird, daher eine Sicherung der Verbindungen abgibt.

Fig. 416.



Teiles der Verbindung. Diese Rücksicht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufstellung bilden. Die Streifen *BC* dieser Fugen werden dabei meist nicht in Rechnung gestellt, weil das zwischen ihnen und dem Loche befindliche Blech bei der Herstellung des Loches in der Regel gelitten hat.

Fig. 417.

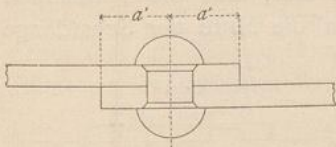


Fig. 418.

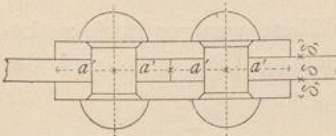
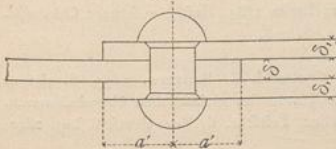


Fig. 419.



γ) Die Festigkeit des Stoffes zwischen der letzten Nietreihe und dem hinteren (belasteten) Rande der Bleche ist thatsächlich von einer Beanspruchung abhängig, ähnlich der im hinteren Schlusse eines Bolzenauges. Die sehr verwickelte rechnerische Stärkenbestimmung auf dieser Grundlage führt aber zu unsicheren Ergebnissen. Man bemisst die Randbreite gewöhnlich so, dass das Abscheren in den in Fig. 416 punktierten Ebenen mit ebenso grosser Sicherheit vermieden wird, wie das Zerstören eines anderen

202.
Festigkeit
am
hinteren Rande
der Bleche.

Teiles der Verbindung. Diese Rücksicht wird die Grundlage der nachfolgenden Formelaufstellung bilden. Die Streifen *BC* dieser Fugen werden dabei meist nicht in Rechnung gestellt, weil das zwischen ihnen und dem Loche befindliche Blech bei der Herstellung des Loches in der Regel gelitten hat.

δ) Die Reibung zwischen den Blechen untereinander und an den Kopfflächen entsteht nach der Herstellungsweise des Nietes aus dem Drucke, welchen die Köpfe infolge der Verkürzung des Nietchaftes beim Erkalten auf die Bleche ausüben. Sie beträgt $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ ⁸⁹⁾ dieses Druckes, entsprechend der Reibungsziffer für nicht geglättete Eisenflächen. Sie ist um so grösser, je mehr Reibungsflächen vorhanden sind, deren jedoch für einen geschlossenen Teil eines Gliedes immer nur zwei in Frage kommen können.

203.
Reibung
zwischen den
Blechen.

Nach den Ergebnissen angestellter Versuche sind dabei die Platten in Fig. 417 (einschnittige Nietung) und die äusseren in Fig. 418 u. 419 (zweischnittige Nietung) in derselben Lage, wie die inneren in Fig. 418 u. 419, da die Reibung zwischen Blech und Nietkopf ebenso gross ist, wie zwischen zwei Blechen. Nur

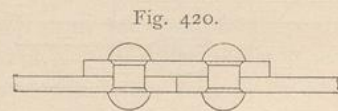
⁸⁹⁾ In: GRASHOF, F. Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. (Berlin 1878), S. 201 wird dieser Coefficient zu 0,4 angegeben.

bei sehr langen Nietten treten erhebliche Biegungen des Schaftes auf, welche dann das Auftreten der Reibung am Kopfe verhindern. Im allgemeinen hat also jede genietete Platte zwei Reibungsflächen. Für diese beiden Flächen zusammen ergeben nun die Versuche von *Clark, Harcourt, Lavalley* und *Schichau*⁹⁰⁾ eine Reibung von 700 bis 1400 kg, im Mittel etwa 1200 kg für 1 qcm des Schaftquerschnittes, und man kann daraus bei einer Reibungsziffer von 0,4 auf eine Längsspannung im Niete von im Mittel $\frac{1200}{2} \cdot \frac{1}{0,4} = 1500 \text{ kg}$ schließen. Dafs der Schaft bis zur Elastizitätsgrenze gereckt wird, wurde bereits in Art. 194 (S. 144) angenommen. Da diese Reibung sich jedoch bei gleich sorgfältiger Herstellung aller Probeniete außerordentlich (bis zu 100 Vomhundert) schwankend zeigte, so pflegt man bei Baukonstruktionen auf dieselbe nicht zu rechnen (wohl aber bei gewissen Konstruktionsstellen von Maschinen), sie vielmehr nur als eine Erhöhung der Sicherheit anzusehen.

204.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

ε) Die Festigkeit des Nietbolzens ist insofern von unmittelbarem Einflusse auf diejenige der Verbindung, als nach Ueberwindung, bzw. Vernachlässigung der Reibung der Schaft in allen Berührungsebenen der Bleche abgefchert sein mufs, bevor die Trennung der Verbindung erfolgen kann. Je nachdem das Abscheren eines (Fig. 417), zweier (Fig. 418 u. 419) oder mehrerer Nietquerschnitte Vorbedingung der Zerstörung ist, nennt man die Nietung ein-, zwei- oder mehrschnittig. Mehr als zweifchnittige Niete kommen nur da vor, wo jedes der zu verbindenden Glieder aus mehreren einzelnen Teilen besteht, welche sich alle auf denselben Bolzen hängen. Nach angestellten Versuchen⁹¹⁾ ist der Widerstand der Niete gegen dieses Abscheren um so geringer, je gröfser die Anzahl der Niete und die Anzahl der abzufcherenden Querschnitte jedes Nietes ist, was sich aus der Unmöglichkeit gleichförmiger Kraftverteilung auf alle Niete und Nietquerschnitte natürlich erklärt. Nimmt man zur Vereinfachung der Berechnungen an, dafs die Scherspannung sich gleichförmig über den Nietquerschnitt verteilt, was nach *Grashof*⁹²⁾ thatsächlich undenkbar ist, so ergeben die verschiedenen Versuche, dafs die Scherfestigkeit für einschnittige Niete zwischen 60 und 70 Vomhundert, für zweifchnittige zwischen 55 und 65 Vomhundert der Zugfestigkeit des Nietstoffes liegt, nach anderen bis 80 Vomhundert steigt. Keinesfalls soll man daher die Niete mit mehr gleichförmig verteilt gedachter Scherspannung belasten, als mit $\frac{4}{5}$ der zulässigen Zugbeanspruchung des Nietstoffes, da die Niete aus besonders gutem Stoffe bestehen, der Regel nach also nicht höher als mit 1000 kg für 1 qcm⁹³⁾.

Die Vernietungen sollen thunlichst so angeordnet sein, dafs die Mittelkräfte aus den Spannungen der beiden verbundenen Teile in die Mitte der Schaftlänge fallen, damit die Verbindung keine Verbiegung erleidet. Der einseitige Anschlufs, die sog. Ueberlappung (Fig. 417), und die einseitige Laschung (Fig. 420) genügen dieser Bedingung nicht, sollen also nach Möglichkeit vermieden werden. Sie sind nicht in allen Fällen zu umgehen; es ist dann gut, die Niete weniger hoch zu belasten⁹⁴⁾. Gute Anordnungen sind die doppelte Verlaschung (Fig. 418) und der doppelte Anschlufs (Fig. 419).



⁹⁰⁾ Siehe ebendaf., S. 201 — ferner: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 450 — endlich: GLASER'S Annalen für Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹¹⁾ Siehe: Mitteilungen aus den königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1883, Heft 3 — ferner: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 201 — endlich: GLASER'S Annalen f. Gwbe. u. Bauw., Bd. 14, S. 218.

⁹²⁾ Theorie der Elasticität und Festigkeit. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 128.

⁹³⁾ Für Preussen sind die bestehenden gesetzlichen Bestimmungen (siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 485 u. 1897, S. 313) in dieser Beziehung maßgebend, die übrigens mit denjenigen anderer Länder im wesentlichen übereinstimmen.

⁹⁴⁾ Die genaue rechnerische Behandlung solcher Verbindungen ist zu finden in: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

Sehr lange Niete erleiden starke Biegung; man soll darauf achten, daß die in größerer Zahl anschließenden Teile der verbundenen Glieder so zu einander gestellt

Fig. 421.

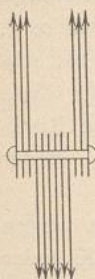
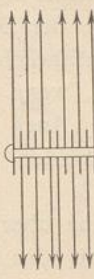


Fig. 422.



werden, daß thunlichst je zwei aufeinander liegende Teile von entgegengesetzt gerichteten Kräften beansprucht sind, da das ungünstigste Biegemoment für den Bolzen so seinen kleinsten Wert erreicht. Fig. 421 zeigt eine schlechtere, Fig. 422 eine bessere Anordnung, auf welche wir unter c (bei den Bolzenverbindungen) ausführlich zurückkommen. Uebrigens ist es notwendig, bei langen Bolzen die Biegungsspannungen, welche die schon vorhandenen erheblichen Längsspannungen des Schaftes vergrößern, in Betracht zu ziehen, da sie unter Umständen die größte Gefahr bilden. Bei kurzen, dicken Nieten haben sie wenig Einfluss.

ζ) Der Druck zwischen dem Umfange des Nietbolzens und der Laibung des Loches, der Lochlaibungsdruck, eine namentlich früher häufig übersehene Gefahrquelle, kann eine Verbindung lockern oder zerstören, welche in allen früher erwähnten Beziehungen richtig angeordnet wurde, und zwar dadurch, daß das Blech hinter dem Nietbolzen zerdrückt wird und seitlich ausquillt, oder dadurch, daß kleine Bewegungen der auf dem Bolzen hängenden Teile diesen allmählich anschleifen. Die Druckverteilung zwischen Bolzen und Lochwandung ist eine solche, daß sie von ihrem größten Werte im Scheitel des Bolzenquerschnittes im Sinne der Kraft- richtung bis zu Null an den Enden des zu letzterer rechtwinkligen Durchmessers abnimmt. Auch statt dieser ungleichförmigen Druckverteilung wird, wie bei der Scherbeanspruchung, in die Berechnungen eine gleichförmig über den Durchmesser verteilte Spannung eingeführt, welche nach angestellten Versuchen das Maß von $s'' = 1600$ bis 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechdicke δ und Nietdurchmesser d nicht überschreiten darf⁹³⁾, wenn nicht Verdrückungen des Bleches hinter dem Niete entstehen sollen. Diese auf den Durchmesser verteilt gedachte, tatsächlich in der angenommenen Weise nicht wirkende Spannung nennt man gleichwohl Lochlaibungspressung, und sie ist namentlich bei geringer Blechstärke für die Anordnung der meisten Kraftnietungen maßgebend. Soll übrigens der Niet gegen Abfcheren und gegen Eindringen in das schwächste der verbundenen Bleche gleich sicher sein, so muß entsprechend den oben festgesetzten Spannungswerten für einschneittige Nietung etwa stattfinden

$$\frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600,$$

oder

$$d = 2,04 \delta,$$

was wieder zu der unter a (Art. 199, S. 147) angegebenen Regel führt.

Ist die Nietung jedoch zweifachschnittig, so müßte stattfinden: $2 \frac{d^2 \pi}{4} 1000 = d \delta \cdot 1600$ oder rund $\delta = d$. Da δ aber fast stets kleiner als d ist, so wird man in diesem Falle die Nietzahl im allgemeinen nach dem Lochlaibungsdrucke zu bestimmen haben und die Scherfestigkeit der Niete somit nicht ausnutzen können.

Hieraus folgt für die weiteren Untersuchungen, daß ein einschneittiger Niet auf Abfcheren berechnet werden muß, wenn $d < 2 \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > 2 \delta$ ist; bei zweifachschnittiger Nietung ist der Niet auf Abfcheren zu berechnen, wenn $d < \delta$, und auf Lochlaibungsdruck, wenn $d > \delta$ ist.

205.
Lochlaibungs-
druck.

206.
Biegung
der Bolzen.

7) Die Biegung des Nietbolzens durch die entgegengesetzte Richtung der Kräfte in verschiedenen durch den Bolzen verbundenen Teilen bildet, wie schon in Art. 204 (S. 150) hervorgehoben wurde, in vielen Fällen die für die Bolzenbemessung maßgebende Gefahr. Die Biegungsbeanspruchung wächst im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates des Durchmessers d und im geraden Verhältnisse der Blechdicke δ . In den meisten Fällen sind Lochlaibungsdruck und Biegung gefährlicher, als Abschierung, so daß der Bolzen dann am besten ausgenutzt wird, wenn er für diese beiden Arten der Beanspruchung gleich sicher ausgebildet wird. Auch diese Rücksicht führt, wie unter c (bei den Bolzenverbindungen) gezeigt werden soll, wieder zu dem in Art. 199 u. 205 festgesetzten Verhältnisse $d : \delta = \infty 2$.

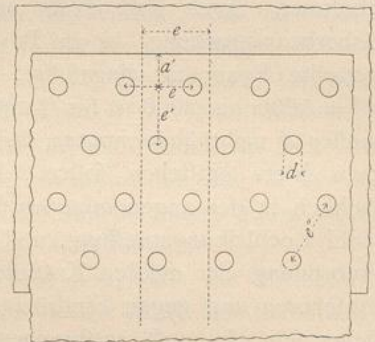
Hier verdient besonders hervorgehoben zu werden, daß eine über das wegen des Laibungsdruckes erforderliche Maß hinausgesteigerte Dicke der Teile oder Lafchen nicht als Verstärkung der Verbindung aufzufassen ist, da sie die Bolzenlänge und damit die Beanspruchung auf Biegung erhöht.

3) Berechnung der Vernietungen.

207.
Bezeichnungen.

Die Formeln für die Anordnung der Kraftnietungen ergeben sich für die verschiedenen, in Art. 199 bis 206 (S. 147 bis 152) besprochenen, in Rücksicht zu ziehenden Verhältnisse, wie folgt, wenn die zulässige Zugbeanspruchung der genieteten Teile s' , die zulässige Scherspannung derselben t' , diejenige des Nietstoffes t , der zulässige Lochlaibungsdruck s'' , die Nietzahl n , die belastende Kraft P , die Anzahl der Nietreihen n' , der Abstand von Nietmitte bis Nietmitte in einer Reihe (Nietteilung) e , derjenige der Reihen voneinander (Reihenteilung) e' , der Abstand der äußersten Nietmitten vom Seitenrande a , vom Hinterrande des Bleches a' , der Abstand eines Nietes vom nächsten der hinterliegenden Reihe e'' , die Blechstärke δ und der Nietdurchmesser d (Fig. 423) genannt werden.

Fig. 423.



208.
Durchmesser
und Zahl
der Nieten.

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

$$d = 2 \delta; \dots \dots \dots 112.$$

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

Die Zahl der Niete ist so zu bestimmen, daß die Abschierungsfestigkeit aller Niete gleich P ist. Ist aber $d > 2 \delta$ für einschnittige Nietungen und $d > \delta$ für zweischnittige, welches letztere Verhältnis in fast allen Fällen eintritt, so wird der Lochlaibungsdruck s'' zu groß (vergl. den Schluß von Art. 205, S. 151); die Nietzahl muß alsdann nach letzterem bestimmt werden.

Es wird

$$n = P \frac{4}{d^2 \pi t} \text{ für einschnittige Niete, } d \geq 2 \delta; \dots \dots \dots 113.$$

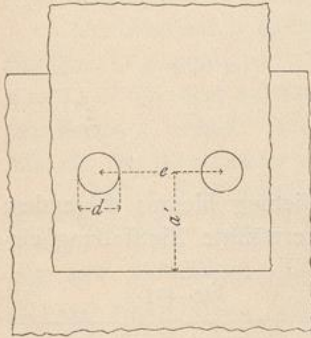
$$n = P \frac{2}{d^2 \pi t} \text{ für zweischnittige Niete, } d \geq \delta; \dots \dots \dots 114.$$

$$n = \frac{P}{d \delta s''} \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Niete, wenn } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Niete, wenn } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 115.$$

β) Festigkeit des Bleches zwischen den Löchern einer einreihigen Nietung (Fig. 424). Diese ist maßgebend für die Teilung e . Die Tragfähigkeit des Bleches zwischen zwei Nietlöchern beträgt $s' \delta \left(e - 2 \frac{d}{2} \right)$, die des Nietes $\frac{d^2 \pi}{4} t$

209.
Festigkeit
in einer
Nietreihe.

Fig. 424.



für einschnittige, $\frac{d^2 \pi}{2} t$ für zweischnittige Nietung und

$d \delta s''$, wenn die Nietzahl mit Rücksicht auf Lochlaibungsdruck berechnet werden mußte. Die Tragfähigkeit des Bleches bei ein- und zweischnittiger Nietung ist in einer beide Arten vereinigenden Verbindung (Fig. 418 u. 419) für den einfachen und den doppelten Teil die gleiche, wenn das zweischnittig genietete Blech doppelt so stark ist, wie das einschnittig genietete, also unter der Bedingung, daß $\delta = 2 \delta_1$.

Die Gleichungen für e lauten also:

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 116.$$

$$\delta (e - d) s' = \frac{d^2 \pi}{2} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 117.$$

$$\delta (e - d) s' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 118.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 119.$$

$$e = d \left(1 + \frac{\pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 120.$$

$$e = d \left(1 + \frac{s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 121.$$

In diesen Gleichungen kann meist, wegen der besonderen Güte des Nietstoffes, $t = s'$ und für die meisten Fälle $s'' = 1,5$ bis $2,0 s'$ gesetzt werden.

Wäre z. B. in Fig. 419, wo offenbar die Außenteile einschnittig, der Innenteil zweischnittig genietet sind, unter Einführung von $s' = t$, $s'' = 1,5 s'$ und $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, so ergäbe sich, wenn man zwischen den Blechstärken mittelnd $d = 1,5 \delta$ machte, $d = 3 \delta_1$; alsdann wäre für die äußeren Bleche in die Formeln δ_1 für δ einzuführen, und es ergäbe sich für die äußeren Bleche, da $d > 2 \delta_1$, nach Gleichung 121: $e = 2,5 d = 2,5 \cdot 3 \delta_1 = 7,5 \delta_1 = 3,75 \delta$ und für das innere, zweischnittig genietete Blech, da $d > \delta$, gleichfalls $e = 2,5 \cdot 1,5 \delta = 3,75 \delta$.

Wäre dagegen, was meist der Fall ist, $\delta_1 > \frac{\delta}{2}$, etwa $= 0,7 \delta$, und dann, wie gewöhnlich, $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, so würde für den einschnittig genieteten Außenteil nach Gleichung 119

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

und für den zweischnittig genieteten Innenteil nach Gleichung 121

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

sich ergeben; das größere beider Maße muß ausgeführt werden.

Wie schon oben angedeutet, müssen die Gleichungen 119 u. 120 für den Fall $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$, wenn also in die Gleichung 119: $\frac{\delta}{2}$ statt δ eingeführt wird, beide dasfelbe ergeben; denn die Hälfte des Mittelteiles ist dann gleich mit einem Aufsenteile.

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

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

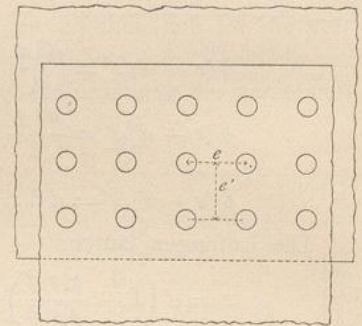
und für den Innenteil durch

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

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

Wird der Wert f bei einreihiger Nietung zu klein, oder ist es überhaupt unmöglich, n Nieten in der Breite b unterzubringen, so geht man zur mehrreihigen Nietung der Reihenzahl n' über (Fig. 423 u. 425). Alsdann werden n' Nieten in die Teilungsbreite geschlagen; folglich sind die Gleichungen für e :

Fig. 425.



$$\delta s' (e - d) = n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 122.$$

$$\delta s' (e - d) = 2 n' \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 123.$$

$$\delta s' (e - d) = n' d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 124.$$

Die Lösungen lauten:

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{4 s' \delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad \dots \quad 125.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' \pi t d}{2 s' \delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad \dots \quad 126.$$

$$e = d \left(1 + \frac{n' s''}{s'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots \quad 127.$$

Für das erste obiger Beispiele ist für eine dreireihige Nietung und für die oben angegebenen Spannungsverhältnisse $n' = 3$, $\delta_1 = \frac{\delta}{2}$ und $d = 1,5 \delta = 3 \delta_1$, also für die Aufsenteile nach Gleichung 127: $e = 3 \delta_1 (1 + 3 \cdot 1,5) = 16 \delta_1 = 8,25 \delta$ und für den Innenteil nach Gleichung 119: $e = 1,5 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 8,25 \delta$. Im zweiten Beispiele wird $n' = 3$, $\delta_1 = 0,7 \delta$ und $d = 2 \delta_1 = 1,4 \delta$, also für die Seitenteile nach Gleichung 125: $e = 2 \delta_1 \left(1 + \frac{3 \pi}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 11,42 \delta_1 = 11,42 \cdot 0,7 \delta = \text{rund } 8 \delta$ und für den Mittelteil nach Gleichung 127: $e = 1,4 \delta (1 + 3 \cdot 1,5) = 7,7 \delta = 11 \delta_1$.

Der Sicherheitsgrad $f = \frac{e-d}{e}$ ist im zweiten Beispiele für die Aufsenteile $\frac{11,42 \delta_1 - 2 \delta_1}{11,42 \delta_1} = 0,825$, für den Innenteil $\frac{8 \delta - 1,4 \delta}{8 \delta} = 0,867$.

Der höchste zulässige Wert für e in aufeinander liegenden, nicht sehr steifen Teilen ist $e = 8d$ bis $10d$, da bei weiterer Stellung der Niete namentlich schwache Bleche zwischen den Nieten voneinander klaffen und so dem Roste eine sehr gefährliche Angriffsstelle bieten. Mit der Blechstärke und allgemein mit der Steifigkeit der Teile nimmt diese Grenze für e ab.

Der Abstand a der Mitte des letzten Nietes vom Seitenrande des Bleches muß statisch $0,5 e$ betragen. Ist dieser Wert aber kleiner als $1,5 d$, so macht man $a = 1,5 d$, da man zur Herstellung des Loches außen eines Blechstreifens etwa von der Breite d bedarf. Andererseits hält man als obere Grenze für a den Wert $2,5 d$ fest, da die Blechränder aufklaffen, wenn die ersten Niete zu weit vom Rande stehen.

γ) Die Festigkeit des Bleches zwischen der letzten Nietereihe und dem hinteren (belasteten) Blechrande muß das Ausfchern des Nietes nach Fig. 416 verhindern. Der zulässige Widerstand des Bleches ist $2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t'$, und die Gleichungen, welche durch gleiche Sicherheit gegen Abfchern im Bleche und Abfchern des Nietes einerseits, Lochlaibungsdruck andererseits bedingt werden, lauten:

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad . \quad . \quad 128.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = 2 \frac{d^2 \pi}{4} t \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad . \quad . \quad 129.$$

$$2 \left(a' - \frac{d}{2} \right) \delta t' = d \delta s'' \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta, \end{array} \right\} . \quad . \quad 130.$$

oder:

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \quad . \quad . \quad 131.$$

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \quad \text{für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \quad . \quad . \quad 132.$$

$$a' = d \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und} \\ \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} . \quad . \quad 133.$$

Hierin kann gewöhnlich $\frac{t}{t'} = \frac{5}{4}$ und $\frac{s''}{t'} = 1,0$ gesetzt werden.

Im zweiten der obigen Beispiele wird für die Aufsenteile (siehe Fig. 419) nach Gleichung 131 $a' = 2 \delta_1 \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{8} \frac{5}{4} \frac{2 \delta_1}{\delta_1} \right) = 2,96 \delta_1$; ferner wird für den Innenteil nach Gleichung 133

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

Fig. 426.



find (Fig. 425 u. 426); für solche muß offenbar $e' = a' + \frac{d}{2}$ sein, und die entsprechenden Gleichungen lauten daher:

210.
Festigkeit
am hinteren
Blechrande.

Dieser Randabstand kommt auch bei den mehrreihigen Nietungen für den Reihenabstand e' (Fig. 425) in Frage, wenn die Niete in den Reihen nicht versetzt

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{8} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d \geq 2 \delta; \dots 134.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{\pi}{4} \frac{t}{t'} \frac{d}{\delta} \right) \text{ für zweischnittige Nietung, } d \geq \delta; \dots 135.$$

$$e' = d \left(1 + \frac{1}{2} \frac{s''}{t'} \right) \text{ für einschnittige Nietung, } d > 2 \delta, \text{ und } \left. \begin{array}{l} \text{für zweischnittige Nietung, } d > \delta. \end{array} \right\} \dots 136.$$

Sind jedoch die Niete in den Reihen veretzt, wie in Fig. 423, so fällt diese Rücksicht weg; man macht dann meist $e'' = e$, also $e' = 0,866 e$. Das mit Bezug auf die Herstellung der Löcher einzuhaltende geringste Maß von e' ist $2,5 d$, welches Maß dann ausgeführt wird, wenn die Formeln kleinere Werte ergeben.

211.
Reibung
zwischen den
Blechen.

δ) Die Reibung der Bleche aufeinander, welche nach dem in Art. 203 (S. 149) Gefagten auch bei einschnittigen Nietungen (Fig. 417 u. 420) in zwei Ebenen für jedes Blech auftritt und unter dieser Bedingung bei sorgfältiger Ausführung im Mittel 1200 kg für 1 qcm des Nietquerschnittes beträgt, kommt nur bei solchen Verbindungen in Rechnung, welche auch bei unvollständiger Ausfüllung der Löcher durch die Niete nicht nachgeben dürfen. Solche Teile (Hängestangen für Decken, Gefänge etc.) werden so berechnet, daß die Reibung in dem Augenblicke überwunden wird, in welchem im Bleche die Elastizitätsgrenze s_e erreicht wird. Dies führt zur Gleichung für die Nietzahl

$$n = P \frac{1}{300 d^2 \pi}, \dots 137.$$

und für die Teilung

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

oder

$$e = d \left(1 + \frac{300 \pi d}{s_e \delta} \right), \dots 138.$$

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

$$e = 2,25 d. \dots 139.$$

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

Unter Benutzung der Formel 138 kann hier die unter β angewendete Behandlung von ein- und mehrreihigen Nietungen gleichfalls durchgeführt werden.

Nietstellungen in Reihen, deren Nietzahl 1 in der ersten und letzten um je 2 in jeder Reihe nach der Mitte, bzw. dem Ende zunimmt, werden hier nicht verwendet, weil die Nietverteilung zur Erzielung gleichmäßiger Reibung über die ganze Fugenfläche gleichförmig sein muß.

212.
Festigkeit
des
Nietbolzens.

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

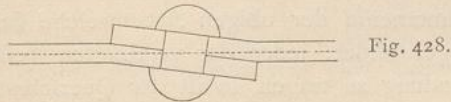
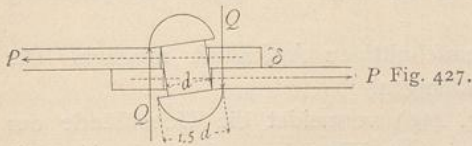
ζ) Der Druck zwischen Bolzenumfang und Lochlaibung, dessen Steigerung über ein bestimmtes Maß (höchstens 2000 kg für 1 qcm des Rechteckes aus Blechstärke und Bolzendurchmesser) unzulässig ist, wurde durch obige Formelaufstellung für alle Abmessungen berücksichtigt, kommt aber nur in Frage, wenn das Verhältnis $\frac{d}{\delta}$ groß ist.

213.
Druck
am Bolzen-
umfang.

4) Nietverbindungen.

α) Der einseitige Anschluss. Fig. 417, 427 u. 428 zeigen diese Verbindung für zwei schmale Stäbe unter der Last P . Es entsteht ein Drehmoment $P\delta$, welches bei schlotternden Nieten (Fig. 427) durch Verdrehen dieser und einseitiges Anlegen ihrer Köpfe ein Gegenmoment $Q \cdot 1,5 d$ erzeugt, das so lange wächst, bis beide sich

214.
Einseitiger
Anschluss.



aufheben. Hiernach ist $Q = \frac{P\delta}{1,5 d}$, und

der Niefschaft wird im Kopfanfatze vom Moment $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1,5 d}{2} = \frac{P\delta}{2}$ 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 $\frac{P\delta}{1,5 d} \cdot \frac{1}{d^2 \pi} = \frac{8 P\delta}{3 \pi d^3}$. Im Niet entsteht also eine Zuschlag-

spannung $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{56 P\delta}{3 \pi d^3}$, oder für $\delta = \frac{d}{2}$ ist $\sigma = \frac{28 P}{3 \pi d^2}$. Der Niet ist auf $P = \frac{d^2 \pi}{4} t$ berechnet; fonach wird

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

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

Ein schlotternder Niet wird nun zwar eben wegen dieses Zustandes keine wesentliche Längsspannung aus der Erkaltung besitzen; immerhin ist aber die oben nachgewiesene Beanspruchung eine sehr gefährliche.

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

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

Nun ist nach Gleichung 119, wenn $t = s'$ gesetzt wird, $e = d \left(1 + \frac{\pi d}{4 \delta}\right)$, somit

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

Wird fönach der Mittelwert $\frac{d}{\delta} = 2$ eingeführt, fo ergibt sich

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

Durch die Biegung allein wird demnach die zulässige Beanspruchung s' im Stabe weit überschritten. Wenn nun auch keiner der Grenzfälle in Fig. 427 u. 428 wirklich auftritt⁹⁵⁾, sondern eine Vereinigung beider, welche die beiden berechneten Spannungen jede nur zum Teile hervorruft, fo muß doch die in Rede stehende Verbindung zur Uebertragung großer Kräfte als bedenklich bezeichnet und soll auf diejenigen Fälle beschränkt werden, in denen sie wegen niedriger Beanspruchung der Teile unbedenklich ist.

Auch mehrreihige Nietung ist beim einschnittigen Anschlusse möglich. Die Anordnung ergibt sich aus den obigen Gleichungen.

275.
Zweiseitiger
Anschluß.

β) Der zweiseitige Anschluß (Fig. 419) vermeidet die Uebelstände des einseitigen; denn wenn man die Verbindung in der Mittelebene durchschneidet, so entstehen in den beiden Hälften zwei Drehmomente der obigen Art, welche sich gegenfeitig aufheben. Hat, wie es die Regel bildet, jeder der vereinigten Teile dieselbe Kraft P zu beiden Seiten der Verbindung zu tragen, so ist der Querschnitt beider Teile theoretisch gleich zu machen; dabei wird aber die Stärke der einzelnen Teile des doppelten Gliedes für die Ausführung meist zu gering, und man macht daher (Fig. 416) die Stärkesumme des doppelten Teiles $2\delta_1$ etwas größer, als die Stärke δ . Die Nietung kann einreihig und mehrreihig sein. Wenn jedoch die Abmessungen für die einschnittig angeschlossenen Teile des Doppelgliedes andere werden, als für den zweiseitig angeschlossenen Mittelteil, so muß man, da verschiedene Anordnungen in den verschiedenen Teilen wegen der durchgehenden Niete unmöglich sind, diejenigen Maße für alle Teile durchführen, welche für den einen Teil genügen, dem anderen zu große Stärke geben.

Von den obigen Formeln sind für die Aufsenteile die für einschnittige, für die Innenteile die für zweiseitige Nietungen aufgestellten maßgebend. Die Wiederholung dieser Verbindung giebt schließlich die symmetrische Vereinigung vielteiliger Glieder nach Fig. 419, bei welcher auch die Aufsenglieder als einschnittig, die Innenglieder als zweiseitig angeschlossen zu betrachten sind. Haben die vereinigten Teile ungleiche Kräfte zu übertragen, so muß die Vernietung nach den die größten Kräfte enthaltenden bemessen werden, was für die schwächeren dann leicht recht ungünstige Verhältnisse bedingt.

Da jedoch die einzelnen Bolzen in solchen vielteiligen Verbindungen sehr lang werden, so ist in derartigen Fällen in der Regel die Verwendung von Schraubenbolzen vorzuziehen, deren Stärkenbemessung für solche Fälle unter c besprochen wird.

276.
Einseitige
Verlascung.

γ) Die einseitige Verlaschung (Fig. 420) ist nur eine zweifache Aneinanderreihung des einseitigen Anschlusses und hat daher dieselben Nachteile, kann übrigens in derselben Weise berechnet werden wie dieser. Diese Art der Verbindung ist gleichfalls auf untergeordnete und die unvermeidlichen Fälle zu beschränken.

⁹⁵⁾ Dafs diese Untersuchungen nicht streng richtig und zu ungünstig sind, wurde mehrfach nachgewiesen. Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 553. — Zeitschr. f. Arch. u. Ing., Wochausg., 1899, S. 249.

δ) Die doppelte Verlafchung (Fig. 418) ist wieder frei von den gerügten Mängeln, da sie zur Mittellinie symmetrisch ist. Auch sie kann einreihig oder mehrreihig (Fig. 423) nach den obigen Formeln ausgeführt werden. Theoretisch müßte die Stärke der Lafchen zusammen gleich derjenigen des Bleches sein; in der Regel wird aber δ_1 etwas größer als $\frac{\delta}{2}$ gemacht.

217.
Doppelte
Verlafchung.

Beispiel. Ein Flacheisenband 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 angegeschlossen werden; die Belastung beträgt 21000 kg. Die Spannungswerte seien angenommen mit $s' = 700$ kg für 1 qcm, $t = s'$, $\frac{s''}{s'} = 1,5$, $\frac{s'''}{t'} = 1,9$ und $\frac{t}{t'} = \frac{1,9}{1,5} = \text{rund } \frac{5}{4}$.

218.
Beispiel.

Die theoretische Stabbreite beträgt $b = \frac{21000}{700} = 30$ cm. Die Nietzahl für die Lafchen ergibt sich nach

$$\text{Gleichung 113: } n = \frac{4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 21000}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 700} = 4,8, \text{ für das Blech nach Gleichung 115: } n = \frac{21000}{2 \cdot 1,5 \cdot 1100} = 6,4.$$

Demnach müssen 7 Niete gesetzt werden. Thatächlich betragen die Scherspannung im Niete nur $\frac{21000 \cdot 4}{2^2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 2} = 478$ kg und der Lochlaibungsdruck $\frac{21000}{7 \cdot 2 \cdot 1,5} = 1000$ kg. Werden in die Formeln gleichwohl die obigen Verhältniszahlen eingeführt, so wird die Verbindung in allen Teilen auf ermäßigte Spannungen, aber mit überall gleicher Sicherheit konstruiert. 7 Niete in eine Reihe zu setzen ist nicht angängig, da die Verbreiterung dadurch zu groß würde; deshalb wird zweireihige Vernietung ($n' = 2$) angenommen.

In den Lafchen ist dann nach Gleichung 125: $e = 2 \left(1 + \frac{2 \cdot 3,14}{4} \cdot 1 \cdot \frac{2}{1} \right) = 8,28$ cm, im Bleche nach Gleichung 127: $e = 2 (1 + 2 \cdot 1,5) = 8$ cm; daher wird $e = 8,3$ cm sein müssen, und die wirkliche Breite, wenn 4 und 3 Niete in je eine Reihe kommen, $4 \cdot 8,3 = 33,2$ cm.

Der hintere Randabstand a' der Lafchen wird nach Gleichung 131: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 2,96$ cm und derjenige im Bleche nach Gleichung 125: $a' = 2 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 1,9 \right) = 2,9$ cm; der Randabstand wird also überall mit dem Mindestmaße $1,5$ $d = 3$ cm ausgeführt. Der Reihenabstand wird in den Lafchen nach Gleichung 134: $e' = 2 \left(1 + \frac{3,14}{8} \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{2}{1} \right) = 3,96$ cm, im Bleche nach Gleichung 136: $e' = 2 (1 + 2 \cdot 1,9) = 3,9$ cm. Beide sind kleiner als $2,5$ d ; hier wird also das Mindestmaße $e' = 2,5$ $d = 2,5 \cdot 2 = 5$ cm ausgeführt.

Demnach ergeben sich die Verhältnisse, wie sie Fig. 429 darstellt. Der Sicherheitsgrad der Verbindung ist nach der Formel $f = \frac{e - d}{e} = \frac{8,3 - 2}{8,3} = 0,76$, gegenüber der theoretischen Stabbreite von 30 cm jedoch $\frac{33,2 - 4 \cdot 2}{30} = 0,84$.

Nach der Nietordnung mit wachsender Zahl der Niete in den Reihen würde man hier nach der Folge 1, 2, 3, 2 unter Zugabe eines Nietes oder nach 2, 3, 2 zu setzen haben. Die Stabbreite wird dabei $30 + d = 32$ cm gewählt, und wegen der Nietzahl 3 in einer Reihe bei dem größten Randabstande von 5 cm $= 2,5$ d ergäbe sich eine Teilung von $\frac{32 - 10}{2} = 11$ cm, also größer, als die aus der Formel folgende. Nach den übrigen oben bestimmten Maßen ergeben sich die beiden Nietungen in Fig. 430 u. 431, von denen die letztere den Uebergang zur dreifachen Reihennietung bildet.

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

Verbindungen für Blechrohre werden meist mit einseitiger Verlafchung oder einseitigem Anschlusse, genau nach den obigen Regeln, sowohl in der Quer-, wie in den Längsfugen, unter Berücksichtigung der etwa in beiden verschiedenen Kraftwirkungen hergestellt. Doch ist vor dieser Art der Stofsausbildung zu warnen, wenn erhebliche Kräfte wirken, wie in Kesselwandungen, in der Wand großer cylindrischer

219.
Verbindung
von
Rohren.

Fig. 429.

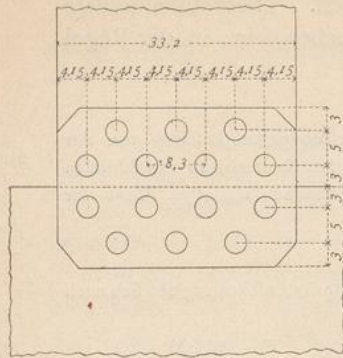


Fig. 430.

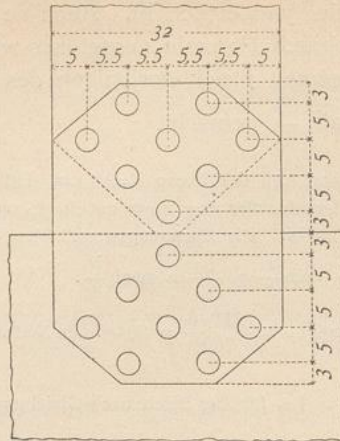
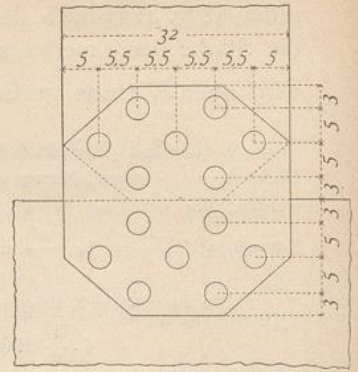


Fig. 431.



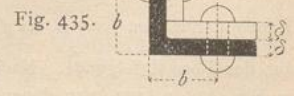
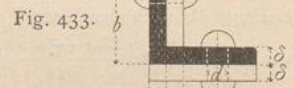
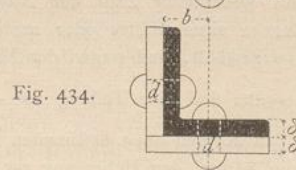
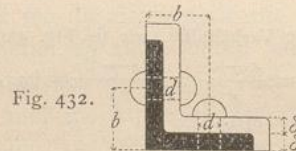
Wasserbehälter u. f. w. In solchen Fällen sollte man ausschließlich doppelte Verlafchung verwenden.

220.
Verbindung
von
Formeisen.

Formeisen können fast durchweg nur dadurch verbunden werden, daß man jeden einzelnen Teil mittels gefonderter Blechstreifen einseitig oder zweiseitig verlafcht, wobei dann die Verlafchung zweckmäfsig für jeden Teil gefondert berechnet wird. Die Teile folcher Querschnittsformen sind jedoch meist fo schmal, daß nicht mehrere Niete nebeneinander in ihnen Platz finden; man ist dann gezwungen, alle für einen Teil erforderlichen Niete in eine Linie hintereinander zu fetzen.

Am häufigften kommen Winkeleifenverbindungen vor, welche nach Fig. 432 bis 435 auf vier verschiedene Weifen ausgeführt werden können.

Von diesen ist die Verbindung in Fig. 432 die stärkste, aber wegen der hohen Kosten der besonders zu walzenden Formlafche nur höchst fetten. Die nächstbete ist die in Fig. 434, da die Lafchen sich auf die ebenen Winkeleifenflächen legen, stärker sind als das Winkeleifen und einen kurzen Abstand b (Wurzelmafs) der Niete von der Winkeleifen-Aufsenecke gestatten. Alsdann folgt zunächst die Verbindung in Fig. 433, welche die angeführten Vorteile wenigstens für einen Schenkel wahrt und dann an die Stelle der Anordnung in Fig. 434 treten muß, wenn der zweite Schenkel an einem anderen Konstruktionsteile anliegt; das Wurzelmafs b muß hier in dem außen verlafchten Schenkel wegen der Innenlafche des anderen Schenkels in ungünstiger Weise vergrößert werden, was in beiden Schenkeln geschieht, weil man einerfeits verschiedene Wurzelmafse in den Schenkeln zu vermeiden fucht,



andererfeits ein kurzes Wurzelmafs in dem innen verlafchten Schenkel höchst ungünstige Nietstellung in der Innenlafche hervorriefe. Am wenigsten gut, aber dann oft nicht zu umgehen, wenn das Winkeleifen an zwei anderen Teilen anliegt (d. h. in Eckverbindungen), ist die Verbindung in Fig. 435, da von allen für Fig. 434 angeführten Vorteilen hier das Gegenteil eintritt. Die Lafchen müssen hier dicker gemacht werden, als die Schenkel, also $d_1 > d$. Was die Nietstellung anlangt, fo fetzt man die Niete des einen Schenkels auf die Mitten oder Viertel der Teilung des anderen, weil einander gegenüber stehende Niete oft gar nicht Platz haben, jedenfalls nur mit Mühe eingebracht und schlecht ausgebildet werden können. Da ein Niet in einem Schenkel das Winkeleifen um fo unfymmetrischer macht und die Kraftübertragung um fo weiter vom

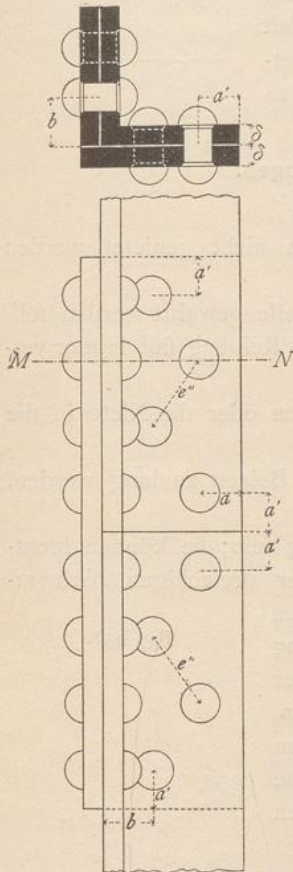
Schwerpunkte verlegt, je näher der Niet dem Aufsenrande fitzt, fo foll das Wurzelmafs fo klein wie möglich gewählt werden, und zwar ift zu machen:

$b = 1 + \delta + 0,75 d$, wenn keine Lafche im Winkeleifen liegt (Fig. 434) 140.

$b = 1 + \delta + \delta_1 + 0,75 d$, wenn eine oder zwei Innenlafchen da find (Fig. 432, 433 u. 435) . . . 141.

Soll z. B. ein Winkeleifen von $10 \times 10 \times 1,4$ cm nach Fig. 434 mit 2,5 cm Nietdurchmesser verlafcht werden, fo ift das zugehörige Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 =$ rund 4,3 cm. Soll aber die Verlafchung nach Fig. 435 mit 1,6 cm starken Lafchen erfolgen, fo wird das Wurzelmafs $b = 1 + 1,4 + 1,6 + 0,75 \cdot 2,5 = 5,9$ cm.

Fig. 436.
Schnitt M N.



Handelt es sich nun aber um fehr breite Winkeleifen (Fig. 433), fo rücken die Niete nach diefer Bemessung des Wurzelmafes fo nahe nach der Ecke, dafs die Lafchen aufsen abklaffen; man giebt dann dem einen Niete das vorgeschriebene Wurzelmafs und fetzt den nächften um $1,5 d$ vom Aufsenrande. Dabei stellt man, wenn nicht befondere Rückfichten eine bestimmte Teilung vorfchreiben, zwei benachbarte in die fchräg gemessene Entfernung $e'' = 3 d$ (Fig. 436, Grundrifs); alsdann muß ein äußerer Niet des einen einem innären des anderen Schenkels gegenüberftehen, da fonft die Ausbildung unmöglich wird (Fig. 436, Schnitt M N).

Soll auf diefe Weise ein Winkeleifen von $13 \times 13 \times 1,4$ cm mit Nieten von 2,5 cm Durchmesser verlafcht werden, welches nach Abgang eines Nietloches mit 800 kg auf 1 cm belaftet ift, fo ift die für einen Schenkel zu übertragende Kraft $\frac{(13 + 13 - 1,4 - 2,5)}{2} \cdot 1,4 \cdot 800 = 12376$ kg. Nach Gleichung 113 ift für einen Schenkel

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

Das Wurzelmafs b wird $1 + 1,4 + 0,75 \cdot 2,5 = 4,3$ cm, der Randabftand $a' = 1,5 \cdot 2,5 = 3,8$ cm, der Abftand $e'' = 3 d = 7,5$ cm und der hintere Randabftand a' nach Gleichung 131

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

Diefes Wurzelmafs, welches fich für eine Verbindungsstelle ergibt, bleibt, um die Teilung auf einer Geraden zu behalten, für das ganze Winkeleifen maßgebend. Ift keine Verbindungsstelle da, wird z. B. ein durchlaufendes Winkeleifen an ein Blech genietet, fo beftimmt fich das Wurzelmafs flets nach Gleichung 140. Die zweireihige Nietenung (Fig. 436) beginnt bei Winkeleifen zweckmäßig erst von 12 cm Schenkelbreite an.

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

Auch die Vernietung anderer Formeifen erfolgt nach Grundfätzen, welche aus den obigen zu entnehmen find; nur tritt bei einigen auch die doppelte Lafchung auf. So würde man ein I-Eifen auf jedem Flanfch einfeitig, den Steg zweifseitig verlafchen. Solche Verbindungen anderer Formeifen als Winkeleifen find jedoch höchft felten.

Eine befondere Art von Vernietung ift noch zu erwähnen, nämlich die Vernietung mit Stehnieten, welche zur Verbindung von nicht unmittelbar aufeinander liegenden Teilen verwendet wird, jedoch zur Uebertragung von Kräften thunlichft nicht herangezogen werden foll. Die Niefschäfte werden fehr lang und haben fonach, wenn fie Kräfte übertragen follten, höchft ungünstige Biegungsspannungen zu erleiden. Um den vorgeschriebenen Abftand der Teile, welcher beim Stauchen des ohne weiteres eingefetzten Nietes durch völliges Zerquetfchen des Schaftes zwifchen den Teilen verloren gehen würde, zu wahren, fetzt man zunächft einen Ring mit dem

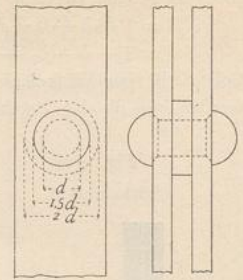
221.
Verbindung
mit
Stehnieten.

äußeren Durchmesser $2d$ und dem inneren Durchmesser d oder ein gelochtes Blechstück so zwischen die Teile, daß die drei Löcher sich decken und nun eine durchlaufende Lochwandung ergeben.

Die zu diesem Zwecke verwendeten Blechabfälle werden auf dem Durchstoße gelocht, sollen aber keine zu unregelmäßige Außenform haben, von allen Graten befreit und thunlichst durch Pressen völlig eben hergerichtet sein.

Fig. 437 zeigt eine Vernietung mit Stehbolzen. Da das Abklaffen der Teile voneinander zwischen den Nietern mit Rücksicht auf Rostbildung hier unschädlich ist, kann die Nietteilung e hier so weit gesteigert werden, wie die Kräfte es erlauben.

Fig. 437.



b) Schrauben und Schraubenverbindungen.

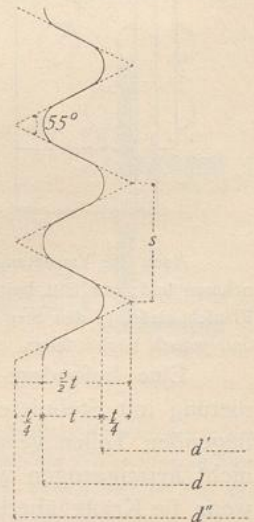
222.
Anwendung
und Ver-
schiedenheit.

Schraubenverbindungen kommen in Eifenteilen da vor,

- 1) wo die zu verbindenden Teile des Stoffes wegen nicht genietet werden dürfen, d. h. bei Gußeisenteilen;
- 2) wo eine gewisse Beweglichkeit (Drehbarkeit) der Teile gewahrt werden soll, die bei der Vernietung auch nur mit einem Niete durch die Reibung fast immer verloren geht;
- 3) wo der Raum zu beengt ist, um Nietköpfe ausbilden oder die Niete in die Löcher einstecken zu können, und
- 4) wo wegen Vereinigung vieler Konstruktionsteile die Bolzen zu lang werden, um noch als Niete ausgebildet werden zu können.

Die Schrauben können eingängig oder mehrgängig sein; sie können rechteckigen Gangquerschnitt (flachgängige Schrauben) oder dreieckigen (scharfgängige Schrauben) haben. Die eingängigen scharfgängigen Schrauben ergeben unter gleicher Last die größte Reibung in der Mutter, und da für Verbindungsschrauben, die hier den Bewegungsschrauben gegenüber allein in Frage kommen, eine thunlichst große Reibung erwünscht ist, so wird hier von ersteren allein die Rede sein. Auch ist bei gleicher Ganghöhe die Scherfläche zwischen Gang und Spindel bei der scharfen Schraube doppelt so groß, wie bei der flachen.

Fig. 438.



223.
Gangprofil
und Durch-
messer der
Schrauben.

Außer den beiden genannten kommen noch die Trapezschraube und die Schraube mit rundem Gangquerschnitt vor.

Das Gangprofil der scharfen Schraube zeigt Fig. 438; d' ist der innere Durchmesser, d der äußere Gewindedurchmesser, d'' der äußere Bolzendurchmesser, s die Ganghöhe und t die Gewindetiefe. Die Neigung des Ganges wird durch die Zahl m festgelegt, welche bestimmt, wie viele Gänge auf die Länge d des Bolzens kommen. Die Gänge werden nach Fig. 438 aus- und abgerundet, nur bei sehr weichem Stoffe, z. B. Messing, Bronze, mehr. Gemäß dem Abrundungsmaße

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

$$t = 0,64 s, \dots \dots \dots 142.$$