

Es ist noch zu bemerken, daß bei der Berechnung obiger Werte die Scherfestigkeiten auf den Nietlochdurchmesser bezogen sind. Wenn man also auch bei der statischen Berechnung mit dem Lochdurchmesser rechnet — wie z. B. in Deutschland —, so ist der berechnete Widerstand der Verbindung tatsächlich nur dann vorhanden, wenn die Niete die Löcher voll ausfüllen.

In Ungarn rechnen wir mit dem wirklichen Nietschaftdurchmesser; in diesem Falle wäre also der berechnete Scherwiderstand auch dann vorhanden, wenn die Nietschäfte gar keine Stauchung erlitten hätten. In der Wirklichkeit aber füllen die Nietschäfte die Löcher im allgemeinen doch gut aus; bei unserer Rechnungsweise gibt es also eine um 8 bis 10% höhere Sicherheit.

II. Welche Umstände beeinflussen die Güte der Nietung?

5. Die durch die Nietung erzeugte Reibung

Zur Feststellung des Reibungswiderstandes haben ENGESSER und CONSIDÈRE besondere Versuche durchgeführt, und zwar in der Weise, daß sie die Lochung des mittleren Bleches länglich oder mit größerem Durchmesser herstellen ließen. Sie haben auf diese Weise den Reibungswiderstand mit 800 bis 1000 kg/qcm gefunden, bezogen auf die Scherfläche (bei zweischnittigen Nietungen daher auf die zweifache Fläche).

Etwas kleinere Werte ergeben die Versuche des Deutschen Eisenbauverbandes, nach welchen der Reibungswiderstand bei Hand- und Druckluftnietung zwischen 600 bis 700 kg, bei Maschinennietung zwischen 900 bis 1000 kg sich änderte.

Die Verhältniszahlen der durch die Hand-, Druckluft- und Maschinennietung erzeugten Reibung können nach den deutschen Versuchen mit 100 : 105 : 145 und nach den österreichischen Versuchen mit 100 : 105 : 114 angenommen werden.

Nach den Diósgyőrer Versuchen waren bei Flußeisen die Verhältniszahlen 88 : 91 : 100, bei Stahlmaterial hingegen konnte kein wahrnehmbarer Unterschied festgestellt werden. Ein großer Unterschied zeigte sich jedoch bei der Maschinennietung, wenn die übliche Druckdauer von 4 bis 5 Sec. auf 8 bis 10 Sec. erhöht wurde. Es erfolgte nämlich eine Zunahme des Beginns der Gleitung bei Flußeisen um 15%, bei Stahl um rund 30%.

Allgemein wird von Forschern festgestellt, daß die Reibung auf die Scherfestigkeit der Nietverbindungen keinen oder einen sehr geringen Einfluß hat, demnach übt auch die Art der Nietung (Hand-, Druckluft- oder Maschinennietung) auf die Scherfestigkeit keinen merkbaren Einfluß aus.

Dieser Umstand ist auch erklärlich, nachdem beim Eintritt der starken Verschiebungen die Reibung bereits überwunden ist, die Dehnung der Bleche beginnt, ihre Dicke abnimmt und so die zusammenpressende Wirkung der Nietköpfe auch aufgehoben ist.

6. Einfluß der Temperatur

Diesbezüglich hat CONSIDÈRE eingehende Versuche gemacht (Anwendung von Eisen und Stahl, Wien 1888, 272 bis 279), wobei er feststellte, daß für die Reibung eine Nietung bei 600 bis 700° (Dunkelrotglut), für die Scherfestigkeit aber eine Temperatur von 550 bis 600° (Verschwinden der Dunkelrotglut) die günstigste ist.

Bei zu großer Hitze, z. B. bei Hellrotglut (900 bis 1000°) oder bei einer noch höheren Temperatur, wird das Niet zu weich und unfähig zur Aufnahme der Stauchungsarbeit, geradeso, wie ein bei zu hoher Temperatur gewalztes Eisen eine niedrigere Festigkeit und Streckgrenze aufweisen wird, als ein solches, welches bei einer richtigen Temperatur gewalzt wurde.

Ein bei zu niedriger Temperatur eingezogenes Niet wird hingegen das Loch nicht ausfüllen, bei Bildung des Schließkopfes sinkt die Temperatur bis zur Schwarz- oder Blauwärme und der Kopf kann Risse bekommen. Bei zu niedriger Temperatur wird ferner auch die Reibung kleiner sein, nachdem die bei der Auskühlung erfolgende Zusammenziehung des Nietschaftes ausbleibt.

Es wird also die alte praktische Regel bestätigt, daß bei richtig erfolgter Nietung der Nietkopf nach Beendigung des Schließens noch einen rotglühenden Kern zeigen muß.

Diese Feststellungen beziehen sich auf jenen Fall, wo bei der Maschinennietung eine entsprechende Druckkraft vorhanden ist, oder bei der Handnietung die Abmessungen der Niete nicht zu groß sind. Liegen diese Bedingungen nicht vor, so muß man die Nietung — wenn auch etwa auf Kosten der Festigkeit —, bei einer höheren Temperatur durchführen.

Die angeführten Erfahrungen beziehen sich besonders auf Flußeisenniete, für das Erhitzen und Einziehen der Stahlniete stehen uns noch keine ähnlichen Studien zur Verfügung.

7. Die Größe des für die Nietung erforderlichen Druckes

Für die Stauchung der Nietschäfte zwecks guter Ausfüllung des Nietloches ist ein gewisser Druck notwendig, welcher mit dem Querschnitt der Niete und deren Festigkeit im geraden Verhältnis steht.

Nach den Versuchen von *CONSIDÈRE* ist bei einem Nietmaterial mit 4000 kg/qcm Festigkeit ein Druck von 7 t/qcm nicht genügend, sondern es ist ein solcher von 9 bis 10,5 t/qcm notwendig. Eine andere Quelle (*Génie Civil* 1908, Nov. 28) gibt ebenfalls 10 t/qcm an.

Bei den außerordentlich großen Nietten der Hell-Gate-Brücke war bei einem Material von 3500 bis 4000 kg/qcm Festigkeit und 33 mm Durchmesser der größte Druck der Nietmaschine 100 Tonnen, demgemäß betrug hier der spezifische Druck 11,5 t/qcm.

Nehmen wir daher für Flußeisenniete 9 bis 10 t/qcm Druck an, so wäre bei Stahlnieten von 4500 bis 5000 kg Festigkeit der notwendige Druck
 11 bis 12 t/qcm
 bei Stahlnieten von 5000 bis 5500 kg Festigkeit der notwendige Druck
 12 bis 14 t/qcm

8. Die Untersuchungen von Bach und Baumann

(Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., 1912, Nr. 47)

BACH und BAUMANN erwogen die Frage aus anderen Gesichtspunkten, und zwar:

a) Sie stellten diejenige Kraft fest, mit der die zwei Nietköpfe die Bleche zusammenpressen, und zwar in der Weise, daß die mit verschiedenem Schließdruck eingetriebenen Niete wieder freigelegt und die erfolgte Längenänderung genau gemessen wurde.

Auf diese Weise haben sie festgestellt, daß im Falle eines entsprechend großen Druckes oder bei vollkommenem Ebensein der Bleche die Kraft, mit welcher die Nietköpfe die Bleche im kalten Zustande zusammenpressen, vom Schließdruck unabhängig ist und lediglich eine Folge der Zusammenziehung des Nietschaftes infolge der Abkühlung ist, und daß weiters diese Kraft im allgemeinen der Fließgrenze des Materials nahekommt.

b) Bei ebenen und gut aufeinander liegenden Blechen ist die Druckdauer ebenfalls ohne Einfluß.

Sind hingegen die Bleche nicht vollkommen eben, dann zeigen die Bleche das Bestreben, die noch warmen Nietköpfe auseinander zu drücken; der Schließdruck soll daher solange wirken, bis die Nietschäfte sich derart abkühlen, daß sie den elastischen Federungen der Bleche widerstehen können.

Für diese Zeitdauer geben BACH sowie SPIELMANN bei Nieten von 28 m/m Durchmesser eine Minute an. Für schwächere Niete kann die Druckdauer, entsprechend der schnelleren Abkühlung, auch kürzer sein.

c) Für die vollkommene Bildung der Schließköpfe war ein Druck von 7 bis 8 t/qcm notwendig. Die Erhöhung dieses Druckes ist nach ihrer Meinung nicht statthaft, da schon bei einem Druck von 7 bis 8 t/qcm sich die Fließfiguren bei den an den Nieten angrenzenden Teilen des Bleches zeigten, nachdem die glühend-weiche Masse des Nietschaftes den Druck wie eine Flüssigkeit auf die Seitenflächen des Nietloches übertrug und dort schädliche Spannungen erzeugte.

Die bei Kesselblechen vorkommenden radialen Risse sind nach BACH in vielen Fällen auf einen zu großen Schließdruck zurückzuführen, wenigstens aber haben die zu großen Drücke die Bildung der Risse befördert.

BACH hat bei diesen Versuchen Niete von 4450 kg/qcm und Bleche von 3780 kg/qcm Festigkeit verwendet.

d) Die Kraft, mit welcher die Nietköpfe die Bleche zusammenpressen, ist bei kürzeren Nieten kleiner, 1600 bis 2400 kg/qcm, bei längeren Nieten größer, oberhalb des Längenmaßes $3 \cdot d$ bereits konstant und erreicht die Streckgrenze des Materials, in diesem Falle den Wert von 3100 kg/qcm. Diese Erscheinung rührt davon her, daß bei kürzeren Nieten die Formänderung der Köpfe einen namhaften Teil der Gesamtformänderung bildet und daher diesem zu Hilfe kommt.

BACH empfiehlt daher einen kleineren Schließdruck, 7 bis 8 t/qcm, hingegen CONSIDÈRE und andere Quellen für diesen 9 bis 10 t/qcm Druck angeben.

Beziehen wir diese Angaben auf die Festigkeit des verwendeten Materials, so finden wir für den richtigen Schließdruck (S_d) eine Doppelregel, und zwar:

nach CONSIDÈRE $S_d \geq 2,25 \times$ Nietfestigkeit
 nach BACH $S_d \leq 2 \sim 2,1 \times$ Blechfestigkeit

Jedenfalls mahnen die angeführten Forschungen, daß man mit dem Schließdruck nicht höher gehen soll, als es die gute Nietungsarbeit erfordert.

Wir können der Beobachtung, daß bei 8 t/qcm Druck schon Fließerscheinungen in der Nähe des Lochrandes auftreten, kein entscheidendes Gewicht anerkennen, da in verschiedenen Bestandteilen der Bauwerke bei der ersten Belastung örtliche, bis zur Streckgrenze gehende Inanspruchnahmen und kleine Deformationen auftreten — so z. B. bei Nietgruppen der ungleichmäßigen Kraftverteilung wegen, in den Fasern neben den Nietlöchern, in den Köpfen der Kettenglieder usw., ohne jedoch, daß diese Erscheinungen auf die Güte und Haltbarkeit der Bauwerke ungünstigen Einfluß hätten, da wir wissen, daß die bei der ersten Belastung auftretenden und sich nicht mehr wiederholenden bleibenden Deformationen die Sicherheit der Bauwerke nicht schädlich beeinflussen.

9. Über die Nietmaschinen

Die gute Nietarbeit ist, wie wir sehen, durch einen gewissen Schließdruck und eine entsprechende Druckdauer bedingt, die Druckkraft soll ferner mit dem Nietdurchmesser veränderlich sein.

Die Kniehebel-Nietmaschine entspricht diesen Forderungen nicht, nachdem bei dieser die Größe des Schließdruckes von der Endlage des Hebels abhängt, diese Lage jedoch sich ändert, sobald die Maschine nicht genau nach der Stärke der

Stücke eingestellt ist oder wenn der Nietschaft etwas länger als die theoretische Länge ist.

Den verschiedenen Forderungen entspricht am besten die Druckwasser-Nietmaschine, dessen Pumpe durch einen Elektromotor angetrieben wird. Diese Maschine kann auch am Bauplatz verwendet werden, da die elektrische Leitung billig und leicht versetzbar ist, die hydraulische oder pneumatische Leitung hingegen teuer und der Frostgefahr ausgesetzt ist. Die hydraulische Presse selbst kann mit einer schwer frierenden Flüssigkeit, z. B. Glycerin-Wasser-Lösung, gefüllt werden.

Eine solche elektro-hydraulische Nietmaschine ist von SPIELMANN in der Z. V. D. I. 1914, S. 95, und die Maschine „System Oerlikon“ in Le Génie Civil, 1908, Nov. 28, beschrieben.

Heutzutage werden bereits vollkommene automatische Nietmaschinen erzeugt (siehe: Eisenbau 1913, S. 130, und Z. V. D. I. 1913, S. 1261), die man von vornherein auf einen bestimmten Maximaldruck einstellen kann. Bei Erreichung des Maximaldruckes wird ein Uhrwerk in Gang gesetzt, welches die Anzahl der verflossenen Sekunden anzeigt.

Bei solchen Maschinen sind also die Größe und die Dauer des Schließdruckes nicht der Schätzung des Arbeiters überlassen und für ihre Beurteilung wird nicht die Aufmerksamkeit des letzteren beansprucht, der hingegen sein ganzes Augenmerk auf die richtige Durchführung der Nietung richten kann.

III. Der Lochleibungsdruck der Niete

10. Theoretische Erklärung der Frage

Der Abstand der äußersten Niete in der Krafrichtung vom Blechrande wurde früher allgemein mit $e = 1,5 D$ angenommen. (S. Abb. 12.)

Diesen Wert fand z. B. auch MEHRTENS (Eisenbrückenbau I, 132), wobei er annahm, daß gegen Ausreißen die Scherfestigkeit einer Fläche von $2 \cdot y \cdot \delta$ widersteht.

Mit der Annahme eines Leibungsdruckes $\sigma_l = 2 \cdot \sigma$ wird also $P = D \cdot \delta \cdot \sigma_l = 2 \cdot D \cdot \delta \cdot \sigma = 2 \cdot y \cdot \delta \cdot \sigma_l$ und mit $\sigma_l = \sigma$ bekommt man $y = D$, also $e = y + \frac{D}{2} = 1,5 D$.

Dieser Wert ist jedoch zu klein, nachdem die Scherfestigkeit des Bleches mit Sicherheit nicht höher als $0,75 \sigma$ anzunehmen ist, was bereits eine Randentfernung $e = 1,83 D$ gibt.

Beim Reißen der Verbindung wird aber der Querschnitt „y“ nicht nur auf Abscherung, sondern auch auf Zug und Biegung beansprucht, und die Versuche haben tatsächlich auch gezeigt, daß für einen Leibungsdruck $\sigma_l = 2 \cdot \sigma$ eine Randentfernung $e = 2 \cdot D$ notwendig ist.

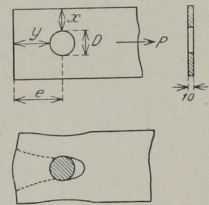


Abb. 12

Allgemein ist daher das Verhältnis $\left(\frac{e}{D}\right)$ eine Funktion des Lochleibungsdruckes

$$\frac{e}{D} = f\left(\frac{\sigma_l}{\sigma}\right).$$

Je größer also diese Verhältniszahl $\left(\frac{\sigma_l}{\sigma}\right)$ durch eine Vorschrift festgelegt ist,

mit desto größerem Wert von $\frac{e}{D}$ muß beim Entwerfen gerechnet werden.

Auf Grund der unten angeführten Versuchsergebnisse werden wir in der Lage sein, obige Funktion festzustellen.