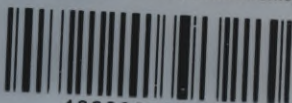




Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299472









ÜBER

# NIETVERBINDUNGEN.

ERSTER BERICHT

DES

PROFESSOR W. C. UNWIN

AN DIE

SUB-COMMISSION DER „INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS“.

MIT GENEHMIGUNG

DIESER GESELLSCHAFT IN'S DEUTSCHE ÜBERSETZT

VON

FERDINAND LOEWE

PROFESSOR DER INGENIEUR-WISSENSCHAFTEN AN DER KÖNIGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE  
ZU MÜNCHEN.

*A. I. 464*



WIEN 1880.

VERLAG VON R. v. WALDHEIM.



117535



FERDINAND LOEWE



WIEN 1880

DRUCK VON R. V. WALDHEIM IN WIEN.

Akc. Nr. 4489/51

## VORWORT.

---

Von der «Institution of Mechanical Engineers» in London werden seit einiger Zeit eingehende Versuche über die Festigkeit der Nietverbindungen durch eine besonders hiezu ernannte Commission ausgeführt. Alles was bisher über dieses Unternehmen bekannt geworden ist, berechtigt zur Erwartung wichtiger Aufschlüsse über jene, zur Zeit noch keineswegs klargelegten Constructionen. Von besonderem Interesse ist schon der erste Bericht des Herrn Professor W. C. Unwin an die Commission, welcher gegen Ende des vorigen Jahres auch Fachleuten auf dem Continente mitgetheilt wurde. Derselbe ist zwar nur als eine Vorarbeit zu betrachten, insoferne er sich mit den bisherigen Versuchen über Nietverbindungen und nur mit Vorschlägen zu den beabsichtigten neuen Versuchen befasst; das einschlägige Material ist aber hier so vollständig und wohlgeordnet und mit trefflichen Erläuterungen versehen zu finden, wie nirgends sonst.

Wir übergeben daher auf mehrfache Anregung und mit freundlichst gewährter Erlaubniss der verehrlichen «Institution of Mechanical Engineers» eine deutsche Uebersetzung dieses Berichtes der Oeffentlichkeit, in der Ueberzeugung, den Fachgenossen damit einen Dienst zu erweisen.



Es ist eine möglichst getreue Uebersetzung angestrebt worden, so dass auch alle ursprünglichen Grössenbezeichnungen, sowie die dortige Mass- und Gewichtseinheit, nämlich der englische Duodecimalzoll und die englische Tonne zu 2240 Pfund beibehalten wurde.

Da

1 Tonne engl. = 1016 Kilogramm und

1 Quadratzoll engl. = 0.06451 Quadratdecimeter,

so beträgt der Reductionsfactor zur Ueberführung der auf Quadratzoll und engl. Tonne bezogenen Spannungen auf Quadratdecimeter und metrische Tonnen:

15.75.

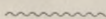
Zur Vermeidung von missverständlicher Auffassung mancher technischen Kunstausrücke, über welche auch bei uns nicht immer volle Uebereinstimmung unter den Fachleuten herrscht, sind endlich die fraglichen englischen Worte in Klammern beigesetzt worden.

Möge die Arbeit eine freundliche Aufnahme finden.

München, im Juni 1880.

F. Loewe.

# INHALTS-VERZEICHNISS.



Zusammenstellung der in Rücksicht gezogenen Abhandlungen.

I. Geschichtliche Uebersicht der Versuche mit Nietverbindungen.

II. Kräftewirkung in den Nietverbindungen.

Ursachen des beobachteten Unterschieds in den Bruchkräften vernieteter und einfacher Stäbe. Nothwendige Bedingungen für die Gleichmässigkeit der Kraftvertheilung. Ursachen, welche Veranlassung zu einer ungleichmässigen Kraftvertheilung geben. Das Lochen und die Stauchwirkung (der Nieten in den Lochleibungen) haben wahrscheinlich Einfluss auf die Kraftvertheilung.

III. Versuche zur directen Bestimmung der Bruchkräfte.

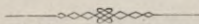
Versuche über die Zugfestigkeit von Eisen- und Stahlblechen. Versuche über die Verminderung der Festigkeit durch das Bohren und Stanzen. Versuche über die Wirkung des Ausglühens der Stahlbleche und des Ausreibens der Löcher. Directe Versuche über die Scherfestigkeit von Eisen und Stahl. Versuche über die Reibung zwischen vernieteten Blechen. Stauchfestigkeit von Eisen und Stahl: Abhängigkeit derselben von der «bearing surface» der Nieten. Wahrscheinliches Verhältniss des Maximal-Stauchdruckes zu dem Mittelwerth desselben. Die Wirkung des Stauchens auf Abminderung der beobachteten Zugfestigkeit der Bleche. Abhängigkeit des Stauchdruckes von dem Nietdurchmesser. Uebliche Formeln für den Durchmesser der Nieten. Festigkeit der Blechtheile zwischen Blechrand und Nieten.

IV. Versuche mit verschiedenen Arten von Nietverbindungen im Ganzen.

Einfach vernietete Ueberblattungsnietungen aus Eisen (Single-riveted lap joints of iron). Einfach vernietete Bandnietungen aus Eisen (Single-riveted butt joints of iron). Doppelt vernietete Ueberblattungs- und Bandnietungen aus Eisen. Scherfestigkeit von Eisen- und Stahlnieten in Stahlblechen. Stählerne Ueberblattungsnietungen. Stählerne Bandnietungen.

Anhang I. Verbiegung dicker Bleche.

Anhang II. Vorschläge zu den beabsichtigten neuen Versuchen mit Nietverbindungen.







Nachdem die Subcommission dem Berichterstatter die Ausfertigung eines einleitenden Berichtes über den in Untersuchung zu ziehenden Gegenstand aufgetragen hatte, wurde von ihm möglichst sorgfältig die Literatur nach Versuchen derselben Art durchgesehen. Ein Verzeichniss der einschlägigen Abhandlungen wurde von dem Secretär der «Institution» angefertigt, auch wurden mit seiner Beihilfe Abschriften von den meisten derselben genommen und Auszüge aus den unten zusammengestellten Abhandlungen gemacht. Ferner wurden alle in denselben vorgefundenen Versuche tabellarisch passend zusammengestellt und ihre Resultate auf gleiches Mass und Gewicht reducirt. (Die in diesem Berichte benützten Einheiten sind durchaus Zolle, Tonnen und Tonnen per Quadrat Zoll.) Diese Reductionen, welche von Mr. Nolet mit Sorgfalt ausgeführt worden sind, werden hoffentlich das Studium und die gegenseitige Vergleichung der vielen vorliegenden Versuche erleichtern.

Die Art der Zusammenstellung der Resultate in den Tabellen ist viel übersichtlicher als die gewöhnlich gebräuchliche; ein gutes Stück Arbeit hat es verursacht, die älteren, oft nicht sehr klar verzeichneten Daten in dieses Schema zu bringen. Als der Berichterstatter seine Arbeit ungefähr zur Hälfte vollendet hatte, erhielt er von Mr. Stoney einen wichtigen Aufsatz über Vernietungen (vielleicht den besten über diesen Gegenstand), in welchem ein ganz ähnliches System wie das hier gewählte in Anwendung gekommen ist.

Nachstehend folgt das Verzeichniss der Abhandlungen, von welchen Auszüge genommen worden sind, und überhaupt aller bekannt gewordenen Veröffentlichungen, in welchen sich Originalversuche mit Nietverbindungen finden. Rein theoretische Abhandlungen sind meistens aus dieser Zusammenstellung weggeblieben. Es erübrigt daher noch, alle jene Arbeiten zu studiren, in welchen die Nietungen ausschliesslich vom theoretischen Standpunkte betrachtet, oder in welchen auch praktische Regeln und Masse angegeben werden. Dies wird jedoch am besten einer späteren Phase der Commissions-Verhandlungen überlassen bleiben.

## Verzeichniss der Original-Abhandlungen über Vernietungen, von welchen Auszüge gemacht worden sind.

(Fast durchaus chronologisch geordnet.)

- «Experimental Inquiry into the Strength of Wrought-Iron Plates and their Riveted Joints.»  
By William Fairbairn. Phil. Trans., Part II., 1850, pp. 677—725.
- «Riveting and Shearing of Iron.» By Edwin Clark. Britannia and Conway Tubular Bridges. Vol. I., Chap. IV., 1850.
- «Experiments on Double-Riveted Joints.» By I. K. Brunel. Also «Experiments at Woolwich». By W. Bertram. Given in «Recent Practice in the Locomotive Engine». By D. K. Clark, 1858. Also «Rules and Tables». By D. K. Clark, 1878.
- «Lloyd's Experiments upon Iron Plates, and modes of Riveting applicable to the construction of Iron Ships.» By Thomas Chapman. Trans. Inst. Naval Architects, 1860.
- «Jointing and Riveting Iron Ships.» By John Grantham. Trans. Inst. Naval Architects, 1862.
- «The application of Iron to the purposes of Naval Construction.» By William Fairbairn. Society of Arts, Nov. 1864.
- Maynard's Experiments on Punched and Drilled Plates. Letter in the «Engineer». 1864.
- Rankine on Shearing Resistance of Rivets. The «Engineer». 1864.
- «On Single and Double-Riveted Joints.» By Thomas Baldwin. Trans. Soc. of Engineers, 1866, pp. 150—190.
- «Wrought Iron Bridges and Roofs.» By W. C. Unwin. Note on Fairbairn's Experiments, 1868.
- «On the treatment of Steel Plates.» By Henry Sharp. Trans. Inst. Naval Architects, 1868, pp. 10—29.
- «On some Improvements in the Scantlings of Iron Steam Vessels.» By John Price. Trans. Inst. of Engineers in Scotland, 1869—1870.
- «Collectaneen über einige zum Brücken- und Maschinenbau verwendete Materialien.» Von A. von Kaven. Hannover, 1869.
- Cochrane, Remarks on the effects of Punching and Drilling. Proc. Inst. Civil Engineers, Vol. XXX., 1870, p. 265.
- «Studies of Iron Girder Bridges.» By Prof. Calcott Reilly. Proc. Inst. of Civil Engineers, Vol. XXIX. 1870. Contains considerations on the arrangement of rivets in complicated joints.
- «The Strength and Proportions of Riveted Joints.» By W. R. Browne. Proc. Inst. Mech. Engineers, 1872.
- «Drilling v. Punching.» Letter in the «Engineer». By W. R. Browne. Nov. 1872.
- «Experiments on Riveted Joints and Steel Plates.» By David Kirkaldy. For the Bolton Iron and Steel Company, London, 1872.



- «On the Durability and Preservation of Iron Ships, and on Riveted Joints.» By Sir William Fairbairn. Proc. Roy. Soc. 1873.
- «Triple Riveting.» By W. R. Browne. 1873.
- «On the Strength of Cylindrical Boiler Shells.» By Hector Mac Coll. Trans. Inst. of Engineers in Scotland, 1874—75, pp. 111—152.
- «On Iron and Steel for Ship-building.» By N. Barnaby. Trans. Inst. of Naval Architects, 1875, pp. 131—146.
- «Report on the Strength of Single-Riveted Lap Joints.» By B. B. Stoney. Trans. Irish Academy, Vol. XXV., 1875, pp. 451—458.
- «Barba on the Use of Steel.» Translated by Alex. Holley, 1875, Chap. III.
- «On Steel for Ship-building as supplied to the Royal Navy.» By James Riley. Trans. Inst. of Naval Architects, 1876, pp. 135—155.
- «The Lancashire Boiler.» By Lavington E. Fletcher. Proc. Inst. Mech. Engineers, 1876.
- «On the effect of Punching on Iron and Steel Plates.» By A. C. Kirk. Trans. Inst. Naval Architects, 1877, p. 303.
- «The Strength of Riveted Joints.» By R. B. Longridge. «The Engineer.» Feb. 23, 1877.
- «Experiments relative to Steel Boilers.» By W. Boyd. Proc. Inst. Mech. Engineers, April 1878.
- «On Steel for Ship-building.» By B. Martell. Trans. Inst. Naval Architects, pp. 1—32, 1878.
- «On the Use of Steel for Marine Boilers.» By W. Parker. Trans. Inst. Naval Architects, 1878.
- «Progress of Steam Shipping.» Proc. Inst. Civil Engineers, Vol. LI., p. 131. (Experiments communicated by R. V. J. Knight.)
- «Steam Boilers for High Pressure.» Proc. Inst. Civil Engineers, Vol. LIV., p. 161. (Experiments communicated by R. V. J. Knight.)
- «Experiments on the Shearing of Steel Rivets.» By Max Eyth. MS.
- «On the connection of Plates of Iron and Steel in Ship-building, especially such as were subject to sudden Tensile Strains.» By N. Barnaby. Trans. Inst. Eng. of Scotland, Vol. IX., pp. 153—164.
- Experiments communicated by Messrs. Easton and Anderson. MS.
- «Iron and Mild Steel.» By D. Adamson. Journal of Iron and Steel Institute. 1878, pp. 392, 393.
- «The Use of Steel in Naval Construction.» Paper read before the Iron and Steel Institute. By N. Barnaby, C. B. «Engineering.» May 16, 1879.
- «Iron and Mild Steel.» Paper read before the Iron and Steel Institute. By D. Adamson. «Engineering.» May 9, 1879.
- «Experiments referring to the use of Iron and Steel in High-Pressure Boilers.» By D. Greig and M. Eyth. Proc. Inst. Mech. Engineers, June 1879.



## I. Geschichtliche Uebersicht der Versuche mit Nietverbindungen.

Ehe die Versuche eingehender besprochen werden, mag eine kurze Betrachtung der wichtigsten unter den oben zusammengestellten Schriften von Interesse sein. Die am frühesten veröffentlichten Versuche mit Nietverbindungen, und wahrscheinlich die ersten Versuche über die Festigkeit von Vernietungen überhaupt, enthält die Denkschrift von Sir W. Fairbairn in den «Transactions of the Royal Society». Diese Versuche haben wahrscheinlich mehr Einfluss auf die in der Praxis üblich gewordenen Dimensionen der Vernietungen gehabt, als irgend welche andere. Der Verfasser bestimmte zuerst die Zugfestigkeit (tenacity) von Eisen und fand für die von ihm untersuchten Sorten einen mittleren Werth der Festigkeit von 22·5 Tonnen per Quadrat Zoll, wenn die Anstrengung in der Richtung der Fasern erfolgte, und von 23·0 Tonnen, wenn senkrecht zu denselben. Dass die Bleche in dem letzteren Falle stärker erfunden wurden als im ersteren, ist wahrscheinlich Folge falscher Markirung derselben. Mit den durchschnittlichen Werthen der Festigkeit der geprüften Verbindungen erhielt er die folgenden Resultate:

	Bruchkraft in Tonnen per Quadrat Zoll
Ungelochte Bleche . . . . .	23·43
Doppelt genietete Verbindungen (Double-riveted joints)	23·94
Einfach        "        "        (Single-        "        " )	18·57

Dass die Zugfestigkeit des Eisens um circa 20 Percent vermindert wurde durch einfache Vernietung, keineswegs aber bei doppelter Vernietung, ist ein Ergebniss von der grössten Wichtigkeit, und es scheint dasselbe erst in späterer Zeit volle Berücksichtigung bei der Anordnung von Vernietungen gefunden zu haben. Auf Grund gewisser erfahrungsmässiger Voraussetzungen nahm Sir W. Fairbairn die folgenden Verhältnisszahlen für die Festigkeit von Nietverbindungen an:

Volles Blech . . . . .	100
Doppelt genietete Verbindung . . . . .	70
Einfach       "               " . . . . .	56

Diese wohlbekannten Verhältnisse werden in den meisten Abhandlungen über Vernietungen angeführt und gelten auch noch jetzt zuweilen als wohl begründet. Es ist jedoch auffallend, dass Herr Fairbairn nicht bemerkt zu haben scheint, dass sich das Mass des in der Bruchlinie ausgestanzten Metalls bei richtiger Bestimmung der doppelt und einfach genieteten Verbindungen entsprechend verschieden ergeben müsste.

Diese berühmten Verhältnisszahlen scheinen sohin auf einer sehr unbefriedigenden Analyse der betreffenden Versuche zu beruhen. Sir W. Fairbairn gibt auch die bekannte Tabelle über Normalabmessungen (standard proportions) für Nietverbindungen an. Es ist nicht ganz klar, wie dieselbe berechnet wurde, und sie liefert Masse, bei welchen das Verhältniss der Zugfläche zur Scherfläche mit der Blechdicke wechselt, wofür ein triftiger Grund nicht vorliegt.

Um dieselbe Zeit wurden Versuche über die Scherfestigkeit von Nieten und über die Reibung zwischen vernieteten Blechen veröffentlicht in Mr. Edwin Clark's Abhandlung über die Britannia- und Conway-Brücke.

Einige Versuche des Mr. Bertram in Woolwich-Dockyard wurden im Jahre 1860 von Mr. D. K. Clark veröffentlicht und besprochen. Sie scheinen jedoch nicht sehr zuverlässig zu sein. Für die aus freier Hand einfach vernieteten Bleche sind die folgenden Zahlen angegeben :

Dicke des Bleches . . . . .	$\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{3}{8}$ Zoll
Zugfestigkeit der Verbindung in Percenten } jener der vollen Platte	. . . . 40 50 60

Demnach würde eine Verbindung aus  $\frac{7}{16}$  Zoll dicken Blechen nicht nur verhältnissmässig, sondern sogar absolut fester erscheinen als eine aus Blechen von  $\frac{1}{2}$  Zoll Stärke, ebenso eine aus  $\frac{3}{8}$  Zoll Blechen absolut stärker als eine aus  $\frac{7}{16}$  Zoll dicken Blechen. Die wirklichen Festigkeiten würden die folgenden sein:

Dicke des Bleches . . . . .	$\frac{1}{2}$ $\frac{7}{16}$ $\frac{3}{8}$ Zoll
«Proportionate strength of joint» . . . . .	20 21·9 22·5

Man kann unmöglich annehmen, dass die Festigkeit der Verbindung in dem Masse wächst als die Blechdicke abnimmt, und doch sind diese Resultate unbeanstandet wiederholt im Jahre 1878 veröffentlicht worden.

Im Jahre 1866 wies Mr. Baldwin (Transactions of the Society of Engineers) auf Mängel in Fairbairn's Normalabmessungen (standard



proportions) für Nietverbindungen hin. Er entwarf sodann eine neue Tabelle für einfache und doppelte Vernietungen, wobei er die effective Zugfläche gleich der effectiven Scherfläche voraussetzte (making the proportions such that the tearing and shearing areas were equal). Auf die Verlesung dieser Abhandlung folgte eine interessante Discussion, in welcher Mr. Barnaby sehr entschieden auf die bedeutende Festigkeits-Verminderung hinwies, welche das Blech durch das Vernieten erleide, sei es in Folge von Verletzungen beim Stanzen der Löcher, sei es durch Ungleichmässigkeit der Spannung in den Blechtheilen zwischen den Nieten. Mehrere von den Festigkeitsgrössen, welche Mr. Barnaby angibt, sind so klein, dass wir Fehler bei dem Experimentiren vermuthen, immerhin aber ist er der Erste gewesen, welcher auf den grossen Unterschied in der Zugfestigkeit vernietet und ungelochter Bleche hinwies, als eine für die Dimensionirung der Verbindungen höchst wichtige Sache.

Eine Abhandlung von Mr. Henry Sharp (Transactions Inst. Naval Architects, 1868) enthält die ersten veröffentlichten Versuche mit Nietverbindungen aus Stahl. Herr Sharp wendete sein Augenmerk besonders auf die Beschädigungen hin, welche die Bleche durch das Lochen erleiden; die Festigkeits-Verminderung sei um so grösser, je härter die Bleche seien. Auch zeigte er, dass dieselben ihre ursprüngliche Festigkeit wieder erlangen, wenn man sie nach dem Lochen ausglüht.

Auf den Umstand, dass Nieten und Bleche sich gegenseitig zu verdrücken oder verstauchen suchen, wurde zuerst von Mr. J. H. Latham (Construction of Wrought Iron Bridges, p. 17, 1858) hingewiesen. Er bestimmte auch zuerst in dieser Hinsicht die Tragfläche (bearing surface) eines Niets, und nahm besonders aus theoretischen und nicht sehr befriedigenden Gründen an, es dürfe die Spannung in der «bearing surface» nicht grösser sein als die Zugspannung der Bleche. Bis jetzt ist die Frage nach der zulässigen Grenze des Stauchdruckes in der Lochleibung (proper limit of crushing pressure on the bearing surface of the rivet) unbeantwortet geblieben, und ist in den meisten Abhandlungen über Vernietungen nicht in Betracht gezogen worden.

Im Jahre 1868 machte der Berichterstatter in mehreren Vorlesungen zu Chatham darauf aufmerksam, dass in den Versuchen Fairbairn's ein gewisser Zusammenhang zwischen der Zugfestigkeit der Bleche und dem Stauchdruck der Nieten in den Lochleibungen bemerkbar sei. Ordnet man nämlich die Versuche nach der Spannung in der «bearing surface», so erkennt man, dass die Zugfestigkeit

gleichmässig mit der «bearing surface» wächst und ein Maximum in jenen Fällen erreicht, da letztere gleich der effectiven Zugfläche des Bleches ist. Es scheint hieraus hervorzugehen, dass ein Theil der Festigkeits-Verminderung des Materials in den der Prüfung unterworfenen Verbindungen nicht eine Folge der Beschädigung der Bleche beim Lochen war, sondern der Stauchwirkung der Nieten vor Eintritt des Bruches.

Festigkeit und Dimensionen von Nietverbindungen aus Eisen sind in einer sehr bemerkenswerthen Schrift von Mr. Walter R. Browne besprochen, welche der «Institution of Mechanical Engineers» im Jahre 1872 übergeben wurde. Es ist dies die erste Abhandlung, in welcher die bestimmte Anweisung gegeben wird, die Nietverbindungen so anzuordnen, dass eine übermässige Stauchspannung in den Lochleibungen vermieden wird. Auch wird in derselben zum ersten Mal die Verminderung der Zugfestigkeit der Verbindung gegenüber jener der vollen Platte in Anschlag gebracht, besonders für den Fall einfach genieteter Verbindungen. Nachstehend folgen die Festigkeiten für Eisen, wie sie sich aus einer Reihe von Versuchen ergeben.

Stauchfestigkeit in der Nietlochleibung.	Tonnen per Quadratzoll
Verbindungen mit einer Stossplatte (joints with one cover)	40
"          "  zwei Stossplatten . . . . .	42'9

Scherfestigkeit.

Einschnittige Nieten (rivets in single shear) . . . . .	22
Doppelschnittige Nieten . . . . .	21

Zugfestigkeit.

Einfache Vernietungen mit gestanzten Löchern (single-riveted joints punched) . . . . .	18
Einfache Vernietungen mit gebohrten Löchern (drilled) . . . . .	22
Doppelte Vernietungen mit gestanzten Löchern . . . . .	19'5
"          "          "  gebohrten          "          " . . . . .	22

Mit Zugrundlegung dieser Werthe sind dann einfache Regeln angegeben worden; bezüglich derselben ist jedoch zu bemerken, dass sie den Nietdurchmesser gleich der doppelten Blechdicke voraussetzen, ein in der Praxis für dicke Bleche nicht übliches Verhältniss. Nimmt man ein weniger einfaches Verhältniss an, so gestalten sich die Regeln für die Dimensionen der Nietverbindungen nothwendiger Weise verwickelter. Weiter sind in der Abhandlung mehrere Versuche aufge-



führt, welche einen sehr geringen Werth für die Zugfestigkeit der Verbindung ergeben haben, und es wird dieser Umstand dem etwas hohen Stauchdruck der Niete in den Lochleibungen zugeschrieben, wodurch eine Erweiterung der Löcher und in Folge dessen eine ungleichmässige Kraftvertheilung über den Bruchquerschnitt entstehe. Immerhin jedoch sind die Resultate etwas ungewöhnlich. In einem Briefe an den «Engineer» aus dem Jahre 1872 führt sodann Mr. Browne Versuche aus Amerika an, welche eine auffallend geringe Zugfestigkeit bei gebohrten und gestanzten Blechen, besonders bei ersteren, zeigen und eine befriedigende Erklärung einer Ursache der Festigkeits-Verminderung bei gelochten Blechen liefern, nämlich die Störung einer gleichmässigen Kraftvertheilung über den Querschnitt in der Nähe des Loches.

Im Jahre 1873 wurde von Sir W. Fairbairn der Royal Society eine zweite Abhandlung über Nietverbindungen vorgelegt, welche sich mit dem relativen Vorzug des Stanzens und Bohrens beschäftigt. Aus den darin angeführten Versuchen geht hervor, dass der Scherwiderstand der Niete in gebohrten Löchern etwas kleiner als in gestanzten Löchern ist, was durch den scharfen Rand gebohrter Löcher bedingt zu sein scheint. Durch schliessliches Abrunden dieses Lochrandes wurde ein grösserer Werth des Scherwiderstandes erzielt, als er sich für gestanzte Löcher ergeben hatte.

	Scherfestigkeit der Nieten in Tonnen per Quadratzoll
Löcher mit abgerundetem Rand . . . . .	21·52
Gestanzte Löcher . . . . .	20·95
Gebohrte « . . . . .	19·23

Bei mehreren Versuchen, von Mr. Kirkaldy für Mr. Denny im Jahre 1879 ausgeführt, wurden die Niete in Stahlblechen bei 16·4 Tonnen per Quadratzoll abgeschert.

In einer von Mr. Barnaby im Jahre 1875 dem «Institute of Naval Architects» mitgetheilten Abhandlung werden einige Versuche angeführt, nach welchen die Zugfestigkeit von Stahlblechen von 31 oder 32 auf 14·5 Tonnen vermindert werden kann in Folge von Beschädigungen beim Stanzen.

In den «Transactions of the Royal Irish Academy» vom Jahre 1875 findet sich eine sehr interessante Abhandlung von Mr. B. B. Stoney über einfache Vernietungen. Es wurden folgende Werthe erhalten:

Stauchfestigkeit der «bearing surface».	Tonnen per Quadratzoll
Bei den stärksten Verbindungen . . . . .	30

Scherfestigkeit.

Gebohrte Löcher, einfache Vernietung . . . . .	18.28
Gestanzte " " " " . . . . .	19.16

Bei den zweifachen Vernietungen wurde eine etwas grössere Scherfestigkeit gefunden.

Festigkeitsverlust der Verbindungen.

	Percent
Bei gebohrten Blechen, mittlerer Verlust . . . . .	2
" gestanzten " " " " " . . . . .	11.45

Einige Resultate, über welche Mr. Riley im Jahre 1876 an das «Institute of Naval Architects» berichtete, zeigen keinen Verlust an Festigkeit für gestanzte und nicht ausgeglühte Stäbe aus Landore-Stahl.

Mr. Kirk theilte 1877 dem «Institute of Naval Architects» Versuche über die Wirkung des Stanzens von Eisen- und Stahlplatten mit. Aus denselben ergibt sich, dass, während das Stanzen in allen Fällen die Zugfestigkeit der Eisenplatten verminderte, doch dieser Verlust viel kleiner ausfiel, wenn das Loch im Matritzenblock (die-block) grösser als der Lochstempel war, als wenn diese gleiche Grösse besaßen. Bei Stahlplatten war der Verlust noch grösser, aber es wurde der nämliche Einfluss der Lochweite im Matritzenblock constatirt.

Im «Engineer» vom 23. Februar 1877 wird über mehrere interessante Versuche von Mr. R. B. Longridge berichtet, leider nur «nominal», ohne dass die wirklichen Dimensionen von Platten und Nieten angegeben werden. Durch diese Versuche sollte dargethan werden, dass Fairbairn's Schätzungen über die Festigkeit von Nietverbindungen zu hoch waren. Für einfache Vernietungen, bei welchen der Bruch in den Blechen erfolgte, ergab sich die Festigkeit der Verbindung zwischen 38.9 und 40.7 Percent von der Festigkeit voller Bleche, falls ein Ausglühen der gelochten Bleche nicht stattgefunden hatte, und zu 45.7 Percent für ausgeglühte Bleche. Für Verbindungen, welche durch Abscheren der Nieten nachgaben, fand sich die Festigkeit zwischen 39 und 44 Percent der Festigkeit der ungelochten Platte. Eine Verbindung ergab (falls nicht ein Druckfehler vorliegt) 50.6 Percent. In einigen Versuchen, wobei die Platten als «breaking joint» bezeichnet werden, war der Percentsatz höher. Die zweifachen Ueberblattungs-Nietungen (double-riveted lap joints) gaben bei allen



Versuchen mit Ausnahme von zweien durch Zerreißen der Bleche nach; die Verbindung besass dabei zwischen 54·5 bis 66·1 Percent der Festigkeit des vollen Bleches. Die einfachen Bandnietungen (single-riveted butt joints) rissen alle nach den Blechen und die Zugfestigkeit war dabei 51·5 bis 58·5 Percent von jener des vollen Bleches. Die zweifachen (doppelt vernieteten) Bandnietungen endlich gaben alle bis auf eine durch Zerreißen der Bleche nach, wobei die Festigkeit zwischen 61·6 und 67 Percent von jener des ungelochten Bleches erreichte. Es wird sodann constatirt, dass Ketten-Nietungen (chain riveting) stärker waren als Zickzack-Nietungen (zigzag riveting), doch geht aus den Tabellen nicht hervor, wie dieses Resultat erhalten wurde.

Versuche mit Stahlkesseln wurden 1878 durch Mr. Boyd der «Institution of Mechanical Engineers» mitgetheilt. Bei zwei von diesen Versuchen ergab sich, dass durch das Stanzen der Löcher die Festigkeit der Stahlplatten um 35 und 51 Percent vermindert wurde, während das Bohren nur 2 Percent verursachte. Durch Ausglühen der gestanzten Platten wurde ihre ursprüngliche Festigkeit wieder hergestellt. Bei der Discussion dieser Mittheilung erwähnte Dr. Siemens Versuche mit gestanzten Stahlplatten, bei welchen die Festigkeit durch das Stanzen zugenommen zu haben schien, und sprach davon, dass wahrscheinlich bei Benützung des «helical punch» zum Lochen eine Beschädigung der Platten nicht eintrete. Es wurde dies durch Versuche bestätigt, welche Mr. Tweddell angab.

In einer Abhandlung des Mr. Martell über Stahl zum Schiffsbau, in den «Transactions of the Institute of Naval Architects 1878», ist eine lange Reihe von Versuchen enthalten. Die Mittelwerthe der Bruchkräfte in diesen Versuchen waren folgende:

	Tonnen per Quadrat Zoll
Eiserne Platten, nach der Linie der Löcher gerissen, gestanzte Löcher . . . . .	17·9
Eiserne Nietten in Stahlplatten, doppelte Ketten-Nietung, abgeschert bei . . . . .	16·7
Eiserne Nietten in Stahlplatten, die Nietten im Zickzack, abgeschert bei . . . . .	19·2
Stahlplatten mit gestanzten Löchern und Stahlnietten, nicht ausgeglüht, gaben nach durch Reissen der Platten oder Abscheren der Nietten bei . . . . .	22·5

Bei dünnen Stahlplatten schien die Beschädigung durch das Stanzen geringer wie bei Eisenplatten zu sein. Als die Plattendicke

$\frac{8}{10}$  Zoll betrug, ergab sich ein Verlust der Festigkeit in Folge des Stanzens zu 20 bis 23 Percent für Eisen, und 20 bis 33 Percent für Stahl. Durch Ausglühen wurde die verlorene Festigkeit wieder gewonnen. Das Stahlmaterial wurde nur auf geringe Entfernung vom Lochrande rund um denselben beschädigt, so dass die beschädigten Theile durch Ausreiben eines Ringes von  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{16}$  Zoll Dicke entfernt werden konnten. Für gebohrte Platten war ein Verlust an Festigkeit nicht nachweisbar. Platten, welche mit einem «spiral punch» gestanzt worden waren, erwiesen sich um 2·5 Tonnen auf den Quadratzoll stärker als solche, bei welchen dies mit einem gewöhnlichen Lochstempel geschehen war.

Die sorgfältigsten Untersuchungen über die Art und Weise, wie das Stanzen der Platten auf dieselben wirke, hat Mr. Barba angestellt, dessen Arbeiten in einer Abhandlung «On the Use of Steel» 1875 beschrieben sind. Mr. Barba wies nach, dass die beim Zerreißen eines gelochten Stabes beobachtete Zugfestigkeit von dem Verhältniss der Stabbreite zum Lochdurchmesser abhängig sei; diese Festigkeit vermindere sich in dem Masse, als die Stabbreite bei gegebenem Nietloch-Durchmesser wachse. Er schliesst daraus, dass der Verlust an Festigkeit nicht eine Folge von Verletzungen ist, welche der Lochstempel erzeugt, auch nicht eine Folge der Festigkeits-Verminderung in der Nachbarschaft des Loches. Die Wirkung des Stanzens sei eine Veränderung der Elasticität oder eine Verminderung der Ausdehnungsfähigkeit des Materiales in einem schmalen Ring in der Umgebung des Nietloches. Hierdurch werden ungleichmässige Spannungen erzeugt und der Bruch nehme am Lochrande seinen Anfang. Diese Wirkung des Stanzprocesses werde durch Wegnehmen eines Ringes von 0·04 Zoll Breite ringsum in dem Nietloche aufgehoben. Mit Eisen- und Stahlstäben wurden ähnliche Resultate erhalten.

Die Subcommission hat sodann die Abschrift eines Berichtes über die Wirkung des Bohrens und Stanzens erhalten, welchen Mr. W. Parker und Mr. Johns im Jahre 1878 an das «Lloyd's Committee» gerichtet haben. Die Versuche, auf welche sich dieser Bericht stützt, waren in den «Chain Testing Works» zu Saltney angestellt worden. Durch dieselben wurde nachgewiesen, dass dünne Stahlplatten verhältnissmässig wenig durch das Stanzen leiden, sehr beträchtlich dagegen dicke Platten. Die folgende Tabelle gibt die Resultate für gestanzte Platten, welche nicht ausgeglüht und bei welchen die Löcher nicht ausgerieben wurden:



Dicke der Platten	Material der Platten	Verlust an Festigkeit in Percent
$\frac{1}{4}$ . . . . .	Stahl . . . . .	8
$\frac{3}{8}$ . . . . .	" . . . . .	18
$\frac{1}{2}$ . . . . .	" . . . . .	26
$\frac{5}{8}$ und $\frac{3}{4}$ . . . . .	" . . . . .	33
$\frac{3}{4}$ . . . . .	Eisen . . . . .	18 bis 23

Der Einfluss, welchen die Vergrößerung des Loches im Matrizenblock hat, ist aus der folgenden Zusammenstellung zu ersehen:

Verjüngung (total taper) des Loches in der Platte Zoll	Material der Platten	Festigkeitsverlust in Folge des Stanzens Percent
$\frac{1}{16}$ . . . . .	Stahl . . . . .	17·8
$\frac{1}{4}$ . . . . .	" . . . . .	12·3
$\frac{1}{3}$ . . . . .	" . . . . .	24·5

(Loch zerrissen.)

Die Plattendicke betrug 0·675 bis 0·712 Zoll.

Es wurde beobachtet, dass die Wirkung des Stanzens nicht nur in einer Abminderung der Zugfestigkeit bestand, sondern auch in einer Verringerung der vor dem Bruche eintretenden Längenveränderung und darin, dass die Bruchfläche krystallinisch statt seidenartig sich ergab. Es ist dies ganz der Anschauung Barba's entsprechend. Wenn gestanzte Löcher von  $\frac{7}{8}$  Zoll Durchmesser auf  $1\frac{1}{8}$  Zoll ausgerieben wurden, so verschwand der Verlust an Festigkeit und die Platten ertrugen eine ebenso grosse Anstrengung wie solche mit gebohrten Löchern. Auch durch Ausglühen der Platten mit gestanzten Löchern wurde die ursprüngliche Festigkeit derselben wieder hergestellt. Mehrere von diesen Versuchen sind auch in einer Abhandlung zu finden, welche im Jahre 1878 vor dem «Institute of Naval Architects» vorgetragen worden ist.

Mr. D. Adamson hat gefunden, dass, während eine Reihe kleiner Löcher in einem Stabe die Zugfestigkeit des übrig gebliebenen Materials nicht vermindert, ja vielmehr erhöht, ein grosses Loch eine merkliche Abnahme der Festigkeit bedingt, besonders bei einem Material, das sich unter der Anstrengung nur wenig ausdehnt. Mr. Adamson erklärt dies aus dem Umstande, dass die Krafrichtungen durch das Loch eine Unterbrechung erleiden. Die nachstehenden Resultate, welche derselbe gewonnen hat, werden passender hier als später gegeben:

	In Tonnen per Quadratzoll beobachtete Zugfestigkeit	
1. Volle (solid) Platte . . . . .	29'46	} Durchaus gleiches Material.
2. Ein einziges Loch . . . . .	27'00	
3. Ein Loch mit eingestecktem abge- drehten Bolzen . . . . .	28'57	
4. Zwei kleinere Löcher . . . . .	29'01	
5. Zwei Löcher (brach im vollen Theile der Platte) . . . . .	63'70	
6. Eisen, quer zu den Fasern geprüft, ein Loch (Bruch durch das Loch) .	17'41	} Gleiches Material.
7. Desgleichen zwei kleinere Löcher (Bruch im vollen Plattentheil) . . .	19'64	
8. Stahl (dasselbe Material wie in 1) ein grosses Loch . . . . .	27'522	} Gleiches Material.
9. Desgleichen. Zwei kleinere Löcher .	30'357	
10. Volle Platte . . . . .	58'704	} Durchaus das- selbe Material.
11. Ein Loch . . . . .	56'941	
12. Zwei kleinere Löcher . . . . .	65'624	

In einer Zuschrift an das «Iron and Steel Inst.» vom Jahre 1879 hat Mr. Barnaby eine Versuchsreihe angegeben, durch welche besonders der Einfluss des Stanzens und Bohrens auf Eisen- und Stahlmaterial bestimmt werden sollte. Er fand, dass das Eisen mehr beim Stanzen leidet, wenn die Löcher nahe am Rande, als wenn sie weiter weg von demselben liegen, aber weicher Stahl litt weniger, wenn das Loch um einen Durchmesser vom Rande entfernt war, als wenn es so lag, dass vom Rande nichts mehr vorstand. Es wurden Probestücke zubereitet, jedes mit zwei gestanzten Löchern, und zwar so, dass der Abstand der Löcher vom Rande durchaus einen Nietbolzen-Durchmesser betrug und die Entfernung der Löcher von einander der bei Schiffsnietungen gewöhnliche war. In einigen Fällen erhielt der Stab die verlangte Breite vor dem Stanzen der Löcher, in anderen wurden die Löcher zuerst gestanzt und ihm dann erst die Breite gegeben. In letzteren Fällen wurde das Ausweichen des Plattenrandes beim Stanzen durch den Abstand des Loches vom Seitenrande der Platten verhütet.

Beobachtete Zugfestigkeit in Tonnen per Quadratzoll.

	Ungelochte Platte	Vor dem Ausschneiden gestanzt	Nach dem Ausschneiden gestanzt
Open hearth steel .	27'6	23'7	24'5
Converter steel . .	27'5	21'7	24'8
Best best iron . . .	21'5	19'0	17'7



Die folgenden Versuche wurden mit dreifach vernieteten Bandnietungen angestellt, wobei die Plattendicke über  $\frac{1}{2}$  Zoll betrug:

	Beobachtete Zugfestigkeit in Tonnen per Quadratzoll.	
	Ausgeglüht	Nichtausgeglüht
Counter-sunk points		
Open hearth steel . . . . .	30·6	29·84
Converter steel . . . . .	30·2	21·80
Best best iron . . . . .	—	19·90
Snap points		
Open hearth steel . . . . .	28·6	21·20
Converter steel . . . . .	26·9	15·25
Best best iron . . . . .	—	18·30

Die Löcher waren nicht durch die ganze Plattendicke ausgeführt worden (the counter-sinking was not carried through the plate), so dass ein Theil des beim Stanzen gequetschten Metalles übrig geblieben war. Vergleicht man die Werthe für die Zugfestigkeit in der vorstehenden Tabelle mit jenen für die ungestanzten Platten, so bemerkt man in einigen Fällen eine Zunahme an Festigkeit bei der Nietverbindung, was Mr. Barnaby der Reibung in der Verbindung zuschreibt.

Mr. Barnaby schlägt vor, um sich ganz frei von dem Nachtheil des Stanzens zu machen, solle man künftig die Löcher um  $\frac{1}{8}$  Zoll kleiner wie den Nietdurchmesser herstellen und sie nachher erweitern. «Snap riveting» wird von ihm nur für untergeordnete Theile in Anwendung gebracht.

Man kann vermuthen, dass die geringe beobachtete Festigkeit bei nicht ausgeglühten Platten und «snap points» eine Folge davon ist, dass die Masse des verletzten Metalles hier grösser wie bei «countersunk points» ist, aber es ist nicht klar, warum die Festigkeit der ausgeglühten Platten kleiner bei «snap points» wie bei «countersunk points» ist.

Eine ausserordentlich vollständige und umfassende Versuchsreihe über Vernietungen wird in einer Abhandlung von Mr. David Greig und Mr. Max Eyth beschrieben, welche der «Institution of Mechanical Engineers» vorgetragen wurde, während dieser Bericht in Arbeit war. Die ersten Versuche bezogen sich auf Taylor's Yorkshire Nieteisen und auf Brown & Comp.'s weichen Nietstahl. Die Zugfestigkeit des Eisens war 22·2 und die des Stahles 28·8 Tonnen für den Quadratzoll, die Scherfestigkeit des Eisens 19 Tonnen und des Stahles 22·1 Tonnen. Hierauf prüfte man einige mit einander vernietete Platten und fand eine etwas höhere Scherfestigkeit als für die Stäbe, welche noch nicht zu Nieten verarbeitet waren. Man suchte den Grund hiefür zum Theil in den Nieten selbst, deren Durchmesser sich vergrössern musste, um ein Loch auszufüllen, das grösser war als er

selbst, theils in der Reibung zwischen den Platten. Versuche über die Wirkung des beim Nieten ausgeübten Druckes (riveting pressure) auf die Festigkeit der Nieten schienen einen Zuwachs des Widerstandes desselben nachzuweisen in dem Masse als der Druck zunahm.

Es mag dies von der Reibung herrühren, immerhin aber verlangt die Sache noch weitere Untersuchung. Die Härtung der Nieten ist möglicherweise ebensowohl Ursache des vermehrten Nietwiderstandes (im Vergleiche zum einfachen Stab) als die Reibung zwischen den Platten.

Mit Nietverbindungen wurden sodann Versuche angestellt, wobei die Platten eine Dicke von  $\frac{3}{8}$ , die Nieten einen Durchmesser von  $\frac{5}{8}$  und die gebohrten Löcher einen solchen von  $1\frac{1}{16}$  Zoll hatten. Die vollen Platten zerrissen bei folgenden Mittelwerthen des Widerstandes:

	Tonnen per Quadratzoll
Cammell's Iron . . . . .	22'29
Brown's Iron . . . . .	22'26
	Mittel 22'27
Cammell's Steel . . . . .	25'49
Brown's Steel . . . . .	26'18
	Mittel 25'83

Aus den Versuchen mit Ueberblattungs-Nietungen mit gestanzten und gebohrten Löchern ergab sich, dass die beobachtete Zugfestigkeit der Eisenplatten mit gebohrten Löchern nur 84·1 Percent der Festigkeit ungebohrter Platten betrug, während der beobachtete Scherwiderstand der Nieten 103 Percent von jenem des Nieteisens war. Die gestanzten Eisenplatten zeigten eine Zugfestigkeit von 75·5 Percent von jener der ungelochten Platte. Die Stahlverbindungen gaben alle durch Abscheren der Nieten nach, wobei der Scherwiderstand für gebohrte Löcher 108 Percent des oben angegebenen Scherwiderstandes des Stahlstabes betrug, und 115 Percent bei gestanzten Löchern. Es bestätigt dies Fairbairn's Versuche hinsichtlich der grösseren Festigkeit der Nieten in gestanzten Löchern.

Zwölf Ueberblattungs-Nietungen, die Nietung in verschiedener Weise ausgeführt, lieferten die folgenden Resultate:

	Verhältniss der Festigkeit der Verbindung zu jener der vollen Platte	Verhältniss der beobachteten Zugfestigkeit zu jener der Platte
Aus freier Hand . . .	genietete 0·465	0·825
Unter hydraul. Druck	eiserne Ver- 0·539	0·896
Mit Dampfmaschinen .	bindungen 0·509	0·846



Alle Stahlverbindungen gaben in Folge Abscherens der Nieten nach, wobei ihre Festigkeit (strength) 49, 58 und 54 Percent von jener der vollen Platte, beziehungsweise bei Hand-, Dampf- und hydraulischer Drucknietung war. Der beobachtete Scherwiderstand war 95, 112 und 107 Percent von dem Scherwiderstande des Nietstahles in Stabform. Versuchsstücke (eiserne Ueberblattungs-Nietungen) mit einem Nietdurchmesser von  $\frac{3}{4}$  statt  $\frac{5}{8}$  Zoll ergaben einen etwas grösseren Widerstand, indem die Festigkeit der Verbindung 57.6 Percent von jener der vollen Platte erreichte.

Sodann wurden doppelte Ueberblattungs-Nietungen geprüft. Solche aus Eisen, bei welchen der Bruch durch Zerreißen der Platten oder durch Abscheren der Nieten erfolgte, zeigten 65 Percent der Festigkeit (strength) der vollen Platte. Stählerne Versuchsstücke brachen, indem die Nieten abgeschert wurden, und es betrug ihre Festigkeit 70 Percent von jener der ungelochten Platte.

Einfache Bandnietungen aus Eisen gaben bei einer Anstrengung nach, welche 47 Percent von jener betrug, bei welcher die volle Platte zerrissen wäre. Die Festigkeit ist, wie zu erwarten war, ungefähr dieselbe, wie für einfache Ueberblattungs-Nietungen. Die stählerne Verbindungen besaßen 56 Percent der Festigkeit der vollen Platte und gaben, wie zuvor, durch Abscherung nach. Doppelte Bandnietungen ergaben ebenfalls nahezu das gleiche Resultat wie doppelte Ueberblattungs-Nietungen. Für Bandnietungen mit doppelten Stossplatten ergab sich ein etwas grösserer Widerstand, was der geringeren Verbiegung der Platten und der grösseren Reibung zwischen denselben zugeschrieben wird. Es ist jedoch nur schwer einzusehen, wie die Reibung die Festigkeit einer Verbindung beeinflussen soll, welche, wie diese, durch Zerreißen nachgibt. Die Festigkeit dieser Verbindungen war zwischen 60 und 68 Percent von jener der freien ungelochten Platte.

Weiter sind Versuche mit «stayed surfaces» und genieteten Kesseln angegeben, welche unter hydrostatischem Druck geprüft worden waren. Bei letzteren begannen die Fugen bei einem verhältnissmässig niedrigen Drucke zu rinnen und die Kraft der Pumpe erwies sich als nicht ausreichend zur Erhöhung des Druckes auch nur annähernd bis zu dem Zerreißungsdrucke des Kessels. Bei Dampfkessel-Explosionen ist die Wirkung eine zu plötzliche, als dass ein solches Nachlassen des Druckes in Folge Leckwerdens eintreten könnte.

## II. Kräftewirkung in den Nietverbindungen.

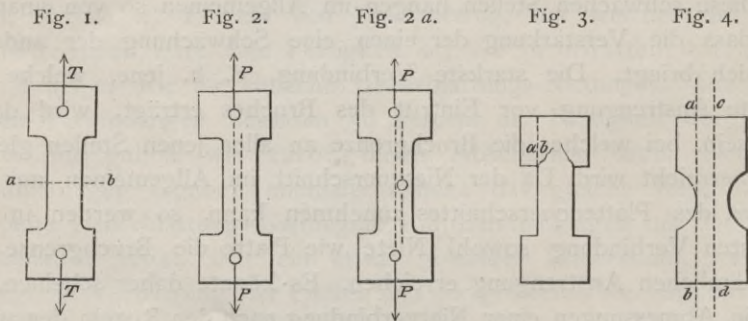
Eine Nietverbindung ist in gewissem Sinne ein unvollkommener Theil einer Construction. Er kann nicht in solcher Weise angeordnet werden, dass er eine durchaus gleichmässige Anstrengung erleidet. Er besitzt vielmehr immer gewisse Stellen, die merklich schwächer wie die übrigen sind, an welchen folglich eine Beschädigung des Materials oder ein Bruch desselben unter der Anstrengung zu erwarten ist. Diese schwachen Stellen hängen im Allgemeinen so von einander ab, dass die Verstärkung der einen eine Schwächung der andern mit sich bringt. Die stärkste Verbindung, d. h. jene, welche die grösste Anstrengung vor Eintritt des Bruches erträgt, wird daher jene sein, bei welcher die Bruchgrenze an allen jenen Stellen gleichzeitig erreicht wird. Da der Nietquerschnitt im Allgemeinen nur auf Kosten des Plattenquerschnittes zunehmen kann, so werden in der stärksten Verbindung sowohl Niete wie Platte die Bruchgrenze bei der nämlichen Anstrengung erreichen. Es könnte daher scheinen, als ob die Abmessungen einer Nietverbindung nach den Regeln der angewandten Mechanik ohne Versuche bestimmt werden könnten. Dass dem aber nicht so ist, ist wahrscheinlich in der Hauptsache Folge einer zweiten Ursache der Unvollkommenheit von Nietverbindungen. Um nämlich die gewöhnlichen Regeln über die Festigkeit des Materials der Nietverbindungen in Anwendung bringen zu können, ist es nothwendig, die Kraftvertheilung bei den schwachen Stellen zu kennen. Wäre dieselbe eine gleichmässige wie bei einem Stabe, welcher auf Zug oder Abscherung angestrengt wird, so würde sich das Problem sehr einfach gestalten. Thatsächlich aber ist dies nicht der Fall und das Gesetz der Kraftvertheilung ist unbekannt. In Folge dessen ist die Durchschnittsspannung an der Bruchstelle einer Nietverbindung, deren Bruch durch eine Belastung bewirkt wird, kleiner als sie sein würde, wenn eine gleichmässige Kraftvertheilung vorhanden wäre, und es wird nothwendig, sie durch besondere Experimente zu bestimmen. Weiter wird sie verschieden für verschiedene Arten von



Verbindungen sein. Dieser Durchschnittswerth, welcher immer kleiner wie die Maximal-Anstrengung ist, durch welche der Bruch herbeigeführt wird, heisst die beobachtete (apparent) Bruchanstrengung. Es ist also Hauptgegenstand der Versuche mit Nietverbindungen, die „apparent“-Bruchkräfte zu bestimmen 1. für die verschiedenen Stellen, an welchen jede Verbindung brechen kann, 2. bei verschiedenen Arten von Vernietungen.

In manchen Fällen muss die fortschreitende Verschlechterung der Verbindung durch Auswetzen und dergleichen, wodurch die Festigkeit in bestimmten Richtungen mehr als in anderen alterirt wird, mit in Rücksicht gezogen werden. Es scheinen noch keine Versuche über den Betrag der Verminderung in solchen Fällen zu existiren.

Zugfestigkeit (tenacity) des Materials. Angenommen ein Stab werde nach dem Querschnitte  $ab = \omega$  durch eine Zugkraft



$T$  gebrochen, welche senkrecht zu diesem Querschnitt wirkt (Fig. 1). Dann wird, falls die Kraft im Augenblick des Bruches gleichmässig über den Querschnitt vertheilt ist, das Verhältniss  $\frac{T}{\omega}$  die wirkliche Zugfestigkeit (real tenacity) des Materials sein. Ist dagegen eine gleichmässige Vertheilung nicht vorhanden, so ist  $\frac{T}{\omega}$  nur die beobachtete, scheinbare (apparent) Zugfestigkeit, welche jedenfalls kleiner als die wirkliche Festigkeit sein wird. Es wird nützlich sein, zu erwägen, unter welchen Umständen die Kraftvertheilung nothwendiger Weise ungleichmässig wird.

1. Sie wird aufhören gleichmässig zu sein, wenn die Resultante  $P$  der Belastung nicht durch den Mittelpunkt (centre) der Querschnittsfläche geht. So ist z. B. in Fig. 2 eine Abweichung vorhanden, die

jedoch so lange gesetzmässig ist, als die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wird. Manche Ungereimtheiten in den Resultaten der Versuche mit Nietverbindungen sind wahrscheinlich Folge mangelnder Vorsorge dafür, dass die Krafrichtung mit der Linie durch den Mittelpunkt der Verbindung in einer Ebene parallel zur oberen Fläche der Platten zusammenfiel. Fig. 2*a* zeigt, wie eine ungleichmässige Kraftvertheilung in solcher Weise entstehen kann. In der Ebene, senkrecht zu jener gerichtet, ist wahrscheinlich immer eine Abweichung der Krafrichtung von dem Mittelpunkt der Figur vorhanden. Bei Ueberblattungs-Nietungen wird die Kraft von der einen Platte durch die Nieten zur anderen übertragen; bei Bandnietungen von der einen Platte durch die Nieten zur Deckplatte und von da zur anderen Platte. In beiden Fällen, namentlich aber in dem ersteren, scheint die Excentricität der Kraft eine Verminderung der Festigkeit zu verursachen.

2. Eine ungleichmässige Kraftvertheilung kann auch durch die Einwirkung benachbarter Materialpartien entstehen. So kann bekanntlich ein Stab mit Vorsprüngen (Fig. 3) durch eine geringere Spannung zum Bruch gebracht werden. Es verhindert nämlich das nicht gespannte Material bei *a* die Ausdehnung des anliegenden Materials bei *b*, dieses erleidet in Folge dessen eine verstärkte Anstrengung und der Bruch beginnt in den Ecken.

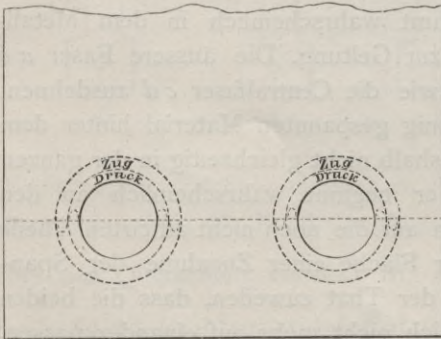
Eine ähnliche Wirkung kommt wahrscheinlich in dem Metalltheile zwischen zwei Nietlöchern zur Geltung. Die äussere Faser *a b* (Fig. 4) kann sich nicht so frei wie die Centrafaser *c d* ausdehnen, weil sie dem verhältnissmässig wenig gespannten Material hinter dem Niet zugehört. Der Bruch tritt deshalb nicht gleichzeitig in der ganzen Querschnittsfläche ein, sondern er beginnt wahrscheinlich an den Lochrändern und schreitet von da auf die noch nicht afficirten Theile fort, indem die Verminderung der Fläche einer Zunahme der Spannung entspricht. Es zeigt sich in der That zuweilen, dass die beiden Bruchstücke der Platten nachträglich nicht mehr auf einander passen. Die geringe Festigkeits-Verminderung von Platten mit einem gebohrten Loch im Gegensatze zu ungelochten Platten, ist wahrscheinlich eine Folge des eben besprochenen Umstandes. Es ist auch wahrscheinlich, dass diese Verminderung in Wirklichkeit grösser sein wird als es nach den Versuchen erscheint. Kurze Stäbe geben bekanntlich einen höheren Durchschnittswerth für die Zugfestigkeit als lange Stäbe. Ein Stab mit einem gebohrten Loch ist nun thatsächlich ein sehr kurzer Stab und er müsste deshalb, wenn kein Grund zur Verminderung der Festigkeit vorliegen würde, eine höhere Festigkeit zeigen wie gewöhn-



liche Stäbe. In der That aber ist im Allgemeinen ein Verlust an Festigkeit vorhanden\*).

3. Die Kraftvertheilung wird im Augenblick des Bruches nicht gleichmässig vertheilt sein und die scheinbare Zugfestigkeit kleiner wie die wirkliche, wenn das Material in der Nachbarschaft der Bruchfläche anfangs (vor Ausführung der Belastung) im Zustande ungleicher Spannung sich befand, oder wenn dasselbe an verschiedenen Stellen ungleiche Ausdehnungsfähigkeit besitzt. Dies ist die Ursache des Festigkeitsverlustes in Folge des Stanzens. Beim Stanzen wird nämlich das Metall veranlasst, seitlich in das umliegende Material zu dringen, und hiedurch werden Spannungen in einem Metallring um das Loch her verursacht und wahrscheinlich verändert sich auch, wie M. Barba sich vorstellt, die Ausdehnungsfähigkeit. Wenn aber das Vermögen sich auszudehnen in einem Theile des Metalles vermindert ist, so erleidet derselbe eine gesteigerte Spannung und reisst noch ehe der übrige Theil vollständig gespannt ist. Die Folge eines jeden Verlustes an Zugfestigkeit oder an Streckbarkeit ist die, dass die scheinbare Festigkeit (apparent tenacity) des Materials vermindert wird, und zwar in einem Masse, das sicherlich in einzelnen Fällen 20 bis 30 Percent erreicht. In Fig. 5 ist der möglicher Weise nach dem

Fig. 5.



Stanzen vorhandene Zustand des Stabes dargestellt, wobei die Ordinaten der punctirten Curven den Spannungen entsprechen. In nächster Nähe des Loches befindet sich ein Kreis von Druckspannungen, veranlasst durch das eingedrungene Material. Zur Herstellung des Gleichgewichtes umgibt diesen Ring ein anderer, in welchem Zugspannungen herrschen.

\*) Einige Versuche lieferten eine merkwürdige Zunahme der scheinbaren Festigkeit nach dem Bohren. So erwies sich in einem Versuche des Mr. Stoney die gebohrte Platte um  $7\frac{1}{2}$  Percent stärker als die ungebohrte. In mehreren Versuchen des Mr. Parker trug die einfache Platte 26.4 Tonnen, während eine gestanzte und ausgeglühte Platte 31.7 trug. Siehe auch die weiterhin gegebene Tabelle über dreifach vernietete Verbindungen. Mr. Adamson hat ebenfalls gefunden, dass die Festigkeit einer Platte durch eine Reihe gebohrter Löcher ein wenig vergrößert wird. Abweichungen solcher Art mögen dadurch bewirkt werden, dass die Löcher den Bruch in einem Querschnitt zu Stande kommen lassen, welcher stärker ist als andere Theile der Platten. Ein gewöhnlicher, der Prüfung unterworfenen Stab zerreisst da, wo er am schwächsten ist, in grösserer oder geringerer Länge.

Aus einigen Versuchen mit Nietverbindungen zu schliessen, scheint eine bedeutende Verminderung der Zugfestigkeit einzutreten, wenn die Lochleibungsfläche (bearing surface of the rivets on the plates) zu klein ist, und wenn in Folge dessen der Stauchdruck zwischen Nieten und Platten ein concentrirter ist. Möglicher Weise ist dies Folge einer Wirkung, ähnlich jener beim Stanzen der Löcher: der Nietdruck mag ein seitliches Ausweichen des Materials verursachen und eine Veränderung entweder der Spannung oder der Elasticität in einem Ringe rundum. Die Spannung in der Zugfläche wird hierdurch ungleichmässig und man findet eine geringere scheinbare Festigkeit.

---



### III. Versuche zur directen Bestimmung der Bruchkräfte.

Zugfestigkeit von Eisen und Stahlplatten. Nachstehend folgen die wichtigsten Werthe der Zugfestigkeit von Eisen und Stahl aus den Denkschriften, von welchen Auszüge angelegt worden sind:

	Eisen	
	Zugfestigkeit in Tonnen per Quadratzoll	
	Parallel zu den Fasern	Senkrecht zu den Fasern
Fairbairn . . . . .	22·5	23·0
Clark . . . . .	24·0	
Roberts (Baldwin's Abhandlung) . . . . .	17·92	
Parker (Best best) . . . . .	23·3	
Stoney . . . . .	18·54	}
" . . . . .	22·0	
" . . . . .	21·43	
" . . . . .	24·0	
Fletcher . . . . .	21·19	
Easton und Anderson . . . . .	18·7	14·0
"    "    " . . . . .	21·5	20·5
Barnaby . . . . .	21·5	
Greig und Eyth . . . . .	22·27	
		Stahl
		(Nicht ausgeglüht)
Riley . . . . .	31·2	31·25
" . . . . .	28·85	(Ausgeglüht) 28·78
Kirk . . . . .	28·34	
Boyd . . . . .	28·7	
Parker . . . . .	27·89	
Martell . . . . .	28·93	
Barnaby (Open hearth) . . . . .	27·6	
"    (Converter) . . . . .	27·5	
Greig und Eyth . . . . .	25·83	

Wo die Bruchrichtung nicht angegeben ist, wurde angenommen, dass die Anstrengung in der Faserrichtung erfolgte. Die Zugfestigkeit des Eisens ist im Mittel 10 Percent kleiner in einer Ebene senkrecht zur Walzrichtung als in einer Ebene parallel zu derselben. Bei Stahl ist keine merkliche Differenz vorhanden.

Beobachtete Zugfestigkeit gebohrter und gestanzter Platten. Die Zugfestigkeit gebohrter und gestanzter Platten muss aus Versuchen mit einzelnen Platten erhalten werden, welche ein oder mehrere Löcher nach der Bruchlinie besitzen. Bei Versuchen mit Nietverbindungen macht sich ein gewisser Betrag von Verbiegung, sodann Stauchwirkung geltend, so dass hier die Festigkeits-Vermin- derung grösser ist, als die bloß durch das Stanzen oder Bohren ver- ursachte. Zwei Experimentatoren, Mr. Cochrane und Mr. Riley, haben, der erstere mit Lowmoor und gewöhnlichem Eisen, der andere mit Landore-Stahl, gefunden, dass weder das Stanzen noch das Bohren in merklicher Weise die Festigkeit des Metalles verändere. Im letz- teren Falle nun waren Löcher an den Rand eines Streifens gestanz- t oder gebohrt worden, wobei wahrscheinlich die Druckwirkung und in Folge dessen auch die Verletzung der Platte geringer ist, als wenn ein Loch in einem breiten Streifen hergestellt wird. Bei Mr. Cochrane's Versuchen war der Streifen so schmal, dass er unter der Einwirkung des Lochstempels seitlich ausweichen konnte. Die richtige Methode solche Versuche anzustellen, würde wohl die sein, die Löcher in einer breiten Platte herzustellen und dieselbe erst nachher in Streifen zu zerschneiden, wie sie sich für den Versuch eignen.

Mr. Stoney hat bei drei Eisenplatten mit gebohrten Löchern eine Verminderung der Festigkeit von 2·6 bis 9·2 Percent gefunden, und für eine Platte einen Zuwachs von 7·5 Percent. Der durchschnitt- liche Verlust betrug 2·05 Percent. Mr. Kirk berichtet über einige Versuche, aus welchen hervorgeht, dass Eisen- und Stahlplatten mit gebohrten Löchern stärker sind als solche mit gestanzten Löchern; aber er gibt die Festigkeit der ungelochten Platte nicht an. Für eine dünnere Stahlplatte ( $\frac{1}{4}$  Zoll Dicke) scheint er die folgenden Resultate erhalten zu haben:

	Zugfestigkeit	
	Unausgeglüht	Ausgeglüht
Ungelochte Platte . . . . .	29·74	29·30
Platte mit gebohrtem Loch . . . . .	29·50	28·45
«Drilled each side» . . . . .	—	29·50

Mr. Boyd fand für Stahlplatten einen durch das Bohren bewirkten Verlust von 2·15 Percent, Mr. Martell dagegen keinen bestimm- baren



Verlust. Die bemerkenswerthen Resultate des Mr. Adamson, über welche schon berichtet worden ist, könnten mit den hier gegebenen verglichen werden.

Abgesehen von den oben erwähnten Versuchen liefern alle anderen eine bemerkenswerthe Verminderung der Festigkeit durch das Stanzen sowohl für Eisen als für Stahl. Ungewöhnlich gross ist der Verlust in Mr. Barnaby's früheren Versuchen, auch ist es möglich, dass hierbei die Ränder der Platte abgeschnitten und die Löcher gestanzt wurden.

Nach Mr. Barba's Untersuchungen wächst der verhältnissmässige Verlust an Festigkeit mit dem Verhältniss der Plattenbreite zum Durchmesser des Loches. Man könnte wohl annehmen, dass dies von der geringen Breite der Streifen herrührt, welche unter dem Lochstempel mehr nach der Seite ausweichen als breite Streifen. Allein dieses Ausweichen könnte nicht bei «ordinary» Platten eintreten und es ist deshalb zweifelhaft, ob Barba's Versuche einen befriedigenden Werth für den Festigkeitsverlust beim Stanzen breiter Platten gewähren. Mr. Kirk geht in befriedigenderer Weise vor, indem er einen breiten Streifen stanzt und ihn erst dann in Streifen zertheilt, welche zum Untersuchen geeignet sind. (S. d. Tab. p. 31 u. 32.)

Diese Versuchs-Ergebnisse müssen als sehr wenig übereinstimmend bezeichnet werden, bei Eisen wie bei Stahl, und sie gewähren wenig Anhaltspunkte zur Vorherbestimmung des Festigkeitsverlustes, welchen das Stanzen in den verschiedenen Fällen bewirkt. Man ersieht jedoch aus denselben, dass dieser Verlust von folgenden Factoren abhängig ist: 1. vom Material; 2. vom Durchmesser des Locheisens oder wahrscheinlich dem Verhältniss des Lochstempel-Durchmessers zur Dicke der Platte; 3. von der Erstreckung des Metalles rings um das Loch, oder wahrscheinlich vom Verhältniss des Lochstempel-Durchmessers zur Niettheilung (pitch of riveting); 4. von dem Verhältniss des Locheisen-Durchmessers zum Durchmesser des Loches im Matrizenblock. Bei neuen Versuchen über diesen Gegenstand müsste es als wünschenswerth bezeichnet werden, eine sehr gleichförmige Qualität von Eisen und Stahl auszuwählen, so dass schon wenige Versuche brauchbare Mittelwerthe liefern würden. Weiter würde es als sehr erwünscht erscheinen, die Versuche nicht auf Streifen mit einem einzigen Loche zu beschränken. Mr. Stoney's Versuche, bei welchen einige Versuchsstücke fünf gestanzte Löcher enthielten, scheinen anzudeuten, dass der verhältnissmässige Verlust am grössten bei Stäben mit nur einem Loche ist.

## Versuche über die Zugfestigkeit gestanzter Platten aus Eisen.

Autoren	Platten- dicke Zoll	Platten- breite Zoll	Zahl der Löcher	Durchm. d. Löcher Zoll	Zug- festigkeit (tenacity)	Verlust an Zugfestig- keit in Procenten der ursprüngl. Festigkeit
Barnaby..	0·625	2 $\frac{1}{4}$	—	0·875	16·4	
	0·375	2	—	0·75	17·45	
	0·375	2	—	0·75	16·66	
Stoney....	0·375	3	1	0·75	15·4	15·6
	0·375	4	2	0·875	19·24	10·2
	0·375	8	5	0·875	22·22	7·4
	0·375	8	5	0·875	21·97	12·6
Fletcher..	—	—	—	—	20·15	5
Kirk.....	1·15	—	1	1·18	15·27 <sup>1)</sup>	18
	1·16	—	1	1·18	15·95 <sup>1)</sup>	
	1·17	—	1	1·22	16·81 <sup>2)</sup>	8
	1·16	—	1	1·22	17·02 <sup>2)</sup>	
Martell...	0·8	—	—	—	—	20 bis 23
Barba....	—	1·24	1	0·66	16·81	5
	—	1·95	1	0·66	16·69	5·5
	—	2·62	1	0·66	15·10	14
	—	3·35	1	0·66	14·72	17
Maynard..	—	4·05	1	0·66	14·79	16
	—	—	—	—	—	19 <sup>3)</sup>
Barnaby..	0·54	2·8	2	1·00	19·0	11 <sup>4)</sup>
	bis	bis				
« ..	0·75	3·3	«	«	17·7	17 <sup>5)</sup>
Parker....	0·74	4·0	1	1·1 u. 1·17	18·19	18·8
	0·74	4·0	1	1·1 u. 1·32	18·93	

1) Der Durchmesser des Loches im Matrizenblocke um  $\frac{1}{8}$  Zoll grösser wie der des Lochstempels.

2) Der Durchmesser des Loches im Matrizenblocke um  $\frac{1}{4}$  Zoll grösser wie der des Lochstempels.

3) Dies ist der Verlust der gestanzten Platte, verglichen mit der gebohrten.

4) Gestanz vor dem Ausschneiden.

5) Gestanz nach dem Ausschneiden des Streifens.

In einem Versuche des Mr. Adamson hatte die Festigkeit durch das Eintreiben eines Dorns in das Loch zugenommen, wodurch verhütet wurde, dass das Loch eine elliptische Form annahm. Da die Löcher von Nietverbindungen sich in einem solchen Zustande befinden, so wäre eine Wiederholung dieses Versuches erwünscht.

Bei einem einzelnen Versuche des Mr. Sterne schien es, als ob ein «spiral punch» das Material weniger beschädige als ein gewöhnlicher Lochstempel, und zwar bis zu 7 oder 8 Procent.



## Versuche über die Zugfestigkeit gestanzter Platten aus Stahl.

Autoren	Platten- dicke Zoll	Platten- breite Zoll	Zahl der Löcher	Durchm. d. Löcher Zoll	Zug- festigkeit (tenacity)	Verlust an Zugfestig- keit in Procenten der ursprüngl. Festigkeit	
Barnaby ..	0·625	2 $\frac{1}{4}$	1	0·875	14·5		
	0·375	2	1	0·75	18·54		
Wilson ...	0·375	2	1	0·75	22·08	23	
	0·75	—	1	1·02	17·96 <sup>1)</sup>	33	
	0·75	—	1	1·02	11·18 <sup>1)</sup>		
Kirk .....	0·75	—	1	1·05	23·21 <sup>2)</sup>	19	
	0·75	—	1	1·05	20·40 <sup>2)</sup>		
	0·25	—	1	0·75	29·10	2	
	—	—	—	—	—	51	
Boyd .....	—	—	—	—	—	35	
	—	—	—	—	21·15	31	
Martell...	0·8	—	—	—	—	22 bis 33	
	0·27	1·24	1	0·66	26·98 <sup>3)</sup>		
	0·27	1·95	1	0·66	26·11 <sup>3)</sup>		
	0·27	2·65	1	0·66	24·39 <sup>3)</sup>		
	0·27	3·35	1	0·66	23·09 <sup>3)</sup>		
	0·27	4·05	1	0·66	23·88 <sup>3)</sup>		
	0·27	4·75	1	0·66	23·31 <sup>3)</sup>		
	0·27	1·24	1	0·66	31·95 <sup>4)</sup>		
Barba.....	0·27	1·95	1	0·66	27·85 <sup>4)</sup>		
	0·27	2·65	1	0·66	25·25 <sup>4)</sup>		
	0·27	3·35	1	0·66	23·27 <sup>4)</sup>		
	0·27	4·05	1	0·66	23·57 <sup>4)</sup>		
	0·27	4·75	1	0·66	23·98 <sup>4)</sup>		
	0·6	2·9	2	0·875	23·7		13 <sup>5)</sup>
Barnaby .. (Openhearth)	bis	bis		bis			
	0·7	3·3	2	1·0	24·5	11 <sup>6)</sup>	
«	«	«		«			
Barnaby .. (Converter)	0·54	«	2	0·875	21·7	21 <sup>5)</sup>	
	bis			bis			
«	0·72	«	«	1·0	24·8	9 <sup>6)</sup>	
	0·687	4·0	{ halbes Loch in jed. Rand	1 $\frac{1}{8}$ u. 1 $\frac{3}{16}$	22·92	17·8	
	0·7	4·26	1	1·1 u. 1·35	24·46	12·3	
	0·7	4·26	1	1·0 u. 1·35	21·04	24·5	
	0·75	—	2	1·09 u. 1·11	20·00	24·2	
	0·75	—	2	1·08 u. 1·24	18·69	28·7	
	0·75	8 $\frac{1}{4}$	2	1·09 u. 1·19	20·50	30·0	
	0·75	8 $\frac{1}{4}$	2	1·09 u. 1·22	19·08		
Parker 7) ..	0·25	—	2	0·69 u. 0·74	29·48	8·1	
	0·375	—	2	0·84 u. 0·94	24·06	18·7	
	0·468	—	2	0·97 u. 1·11	21·38	26·2	
	0·593	—	2	0·96 u. 1·1	19·57	33·8	
	0·75	—	?	1 $\frac{1}{8}$	19·80	33·0	

1) Das Loch im Matrizenblock um  $\frac{1}{16}$  Zoll grösser als der Lochstempel.2) Das Loch im Matrizenblock um  $\frac{1}{8}$  Zoll grösser wie der Lochstempel.

3) «Cylindrical punching.» Das Loch in der Matrize 0·76 Zoll Durchmesser.

4) «Conical punching.» Das Loch in der Matrize 0·82 Zoll Durchmesser.

5) Nach dem Abschneiden gestanz.

6) Vor dem Abschneiden gestanz.

7) Die beiden Dimensionen in der fünften Columnne bei diesen Versuchen bedeuten den Durchmesser des Stempels und des Loches im Matrizenblocke.

Zugfestigkeit von ausgeglühten Platten und solchen, bei welchen die gestanzten Löcher ausgerieben wurden. Durch sämtliche Versuche wurde dargethan, dass die ursprüngliche Festigkeit bei Eisen und Stahl wiederhergestellt werden könne durch Ausglühen der Platten nach dem Lochen oder durch Ausreiben eines schmalen Ringes von 0·04 bis 0·08 Zoll Breite aus dem gestanzten Loch. Durch diese Prozesse, wobei entweder die Ursache der übermässigen Anstrengung oder die überanstrengten Metalltheile entfernt werden, kommt der Stab in den Zustand eines solchen, bei welchem die Löcher gebohrt wurden. Bei einigen wenigen Versuchen schien das Material durch Ausglühen um ein Geringes an Festigkeit zugenommen zu haben.

Beobachteter Scherwiderstand bei Nieteisen und Nietstahl. Der wirkliche Scherwiderstand der Nieten kann niemals durch Versuche mit Nietverbindungen bestimmt werden 1. weil eine gleichmässige Anstrengung aller Nieten nicht angenommen werden kann, und weil 2. der Reibungswiderstand zwischen den mit einander vernieteten Platten, welcher eine Vergrösserung des beobachteten Scherwiderstandes zur Folge hat, einen sehr unsicheren, wechselnden Werth besitzt. Im Falle einfacher Vernietung ist wahrscheinlich der Scherwiderstand nicht viel durch die Reibung beeinflusst. Gegenwärtig soll jedoch das Augenmerk nur auf wirkliche Abscherungsversuche gerichtet werden.

	Scherfestigkeit		
	in Tonnen per Quadratzoll		
Iron, single shear (12 bars) . . . . .	24'15	} Clark.	
“ double “ ( 8 “ ) . . . . .	22'10		
“ “ “ ( 8 “ ) . . . . .	22'62	} Barnaby.	
“ “ “ ( 8 “ ) . . . . .	22'30		} Rankine *).
“ $\frac{3}{4}$ Zoll rivets . . . . .	23'05	} Riley.	
“ $\frac{5}{8}$ “ “ . . . . .	24'32		} Greig & Eyth.
“ Mittelwerth . . . . .	25'0	} Parker.	
“ $\frac{5}{8}$ Zoll rivets . . . . .	19'01		
Steel . . . . .	17		bis 26
Landore steel, $\frac{3}{4}$ Zoll rivets . . . . .	31'67	} Riley.	“ 33'69
“ “ $\frac{5}{8}$ “ “ . . . . .	30'45		} Greig & Eyth.
“ “ Mittelwerth . . . . .	32'3		
Brown's steel . . . . .	22'18		

Aus den Versuchen Fairbairn's geht hervor, dass ein Niet um  $6\frac{1}{2}$  Percent schwächer in einem gebohrten Loch ist, als in einem

\*) Aus Doyne's Versuchen abgeleitet.



gestanzten. Durch Abrundung des Nietlochrandes wuchs der beobachtete Scherwiderstand um 12 Percent. Mr. Maynard fand, dass sich die Nieten um 4 Percent schwächer erwiesen, wenn die Löcher gebohrt statt gestanzt waren. Diese Resultate wurden jedoch mit Nietverbindungen erhalten, und nicht durch directe Versuche über den Scherwiderstand. Auch muss daran erinnert werden, dass es sehr schwierig ist, den wahren Durchmesser eines gestanzten Loches zu bestimmen, und es ist zweifelhaft, ob bei letzteren Versuchen dieser Durchmesser ganz scharf bestimmt worden ist. Auch die Versuche der Herren Greig & Eyth lieferten einen grösseren Widerstand für die Nieten, wenn sie in gestanzten Löchern steckten, als wenn diese gebohrt worden waren.

Wenn, wie oben bemerkt, der beobachtete Scherwiderstand grösser ist bei einschnittigen als bei doppelschnittigen Nieten, so ist dies wohl eine Folge ungleicher Kraftvertheilung auf die beiden Scherquerschnitte.

Die Scherfestigkeit eines Stabes, der unter Umständen geprüft wird, bei welchen Reibungswiderstände ausgeschlossen sind, ergibt sich in der Regel kleiner als die Zugfestigkeit desselben. Aus den folgenden Resultaten, welche wohl nicht die einzigen sind, welche existiren, ist die Differenz zu ersehen.

	Zugfestigkeit des Stabes	Scherfestigkeit	Verhältniss beider
Harkort, Eisen . . . . .	26·4	16·5	0·62
Lavalley, « . . . . .	25·4	20·2	0·79
Greig & Eyth, Eisen . . . . .	22·2	19·0	0·85
« Stahl . . . . .	28·8	22·1	0·77

Durch die Versuche von Wöhler (aus dem Jahre 1870) wurde die Scherfestigkeit des Eisens zu  $\frac{4}{5}$  seiner Zugfestigkeit gefunden. Spätere Versuche von Bauschinger bestätigen diese Versuche im Allgemeinen, sie zeigen aber auch, dass das Verhältniss der beiden Festigkeiten zu einander bei Eisenmaterial von der Richtung der Anstrengung gegen die Walzrichtung abhängig ist. Obiges Verhältniss gilt nur, wenn die Scherung in einer Ebene senkrecht zur Walzrichtung erfolgt, die Ausdehnung dagegen parallel zu derselben. Die Scherfestigkeit in einer Ebene parallel zur Richtung der Fasern ist verschieden von der, welche sich für eine unter rechtem Winkel dazu gerichtete Ebene ergibt, und sie nimmt wiederum verschiedene Werthe an, je nachdem dabei die Abscherungs-Ebene senkrecht oder parallel zur Breite des Stabes gerichtet ist. Im ersteren Falle ist der Widerstand um 18 bis 20 Percent grösser als in einer Ebene senkrecht

zu den Fasern, d. h. er ist gleich der Zugfestigkeit; im letzteren Falle ist er nur halb so gross, als wenn die Ebene normal zu den Fasern steht (Müller, Beiträge zur Vernietung eiserner Brücken).

Reibung zwischen vernieteten Platten. Mr. Clark machte einige Versuche zur Bestimmung der Reibungsgrösse zwischen vernieteten Platten, wobei die Pressung derselben auf einander eine Folge des Zusammenziehens der Niete bei der Abkühlung war. Diese Versuche ergaben für die Reibung (per Quadratzoll des Nietquerschnittes)

4.66 3.72 6.61 7.88 Tonnen.

Im Mittel 5.72 „

Versuche über Reibung und Abscherung von Harkort finden sich sodann in Kaven's Collectaneen angeführt. Die Versuchsstücke waren nach Fig. 7 zugerichtet.

Die Stücke mit doppelschnittigen Niete (Anordnung A) waren vernietet.

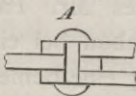
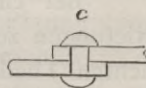
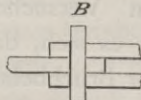


Fig. 7.



Bei den Versuchsstücken

der Anordnung B war nur ein Dorn in das Loch eingesteckt, so dass Reibung in Folge Contraction der Niete nicht vorhanden sein konnte.

Die Stücke nach Anordnung C endlich waren bei einschnittigen Niete heiss vernietet worden.

Nennt man  $f_s$  die Scherfestigkeit und  $f_f$  den Reibungswiderstand zwischen den Platten für den Nietquerschnitt, so müsste die Zerrennungskraft der Verbindung\*) sein

$$\text{im Falle A } T_a = 2 f_s + 2 f_f$$

$$\text{„ „ B } T_b = 2 f_s$$

$$\text{„ „ C } T_c = f_s + f_f$$

und hieraus

$$f_f = \frac{T_a - T_b}{2} = T_c - \frac{T_b}{2}$$

$$f_s = \frac{T_a}{2} - f_f = \frac{T_b}{2} = T_c - f_f$$

Mit Niete von  $\frac{3}{4}$  Zoll im Durchmesser wurde für die Reibung 4.65 Tonnen per Quadratzoll des Nietquerschnittes gefunden, und die Scherfestigkeit der Niete zu 16.5 Tonnen für den Quadratzoll. Die Zugfestigkeit (absolute tenacity) des Nieteiseus betrug 26.4 Tonnen, folglich war die Scherfestigkeit etwas grösser als  $\frac{6}{10}$  derselben. Lavelley machte für Gouin & Comp. Versuche, wobei er den Scherwiderstand der eisernen Stäbe «fixed in a steel fork» zu 20.2 Tonnen per Quadratzoll fand, während die Zugfestigkeit desselben Materials

\*) Unter der Voraussetzung, dass der Bruch nicht etwa durch Zerrennen der Platten eintritt.



25·4 Tonnen betrug. Sechs Versuche über den Reibungswiderstand lieferten im Mittel 10 Tonnen auf den Quadratzoll.

Wenn die Reibung unvermindert bis zum Eintritt des Bruches der Verbindung bestünde, so müsste der beobachtete Scherwiderstand der Nietten um den ganzen Betrag der Reibung grösser gefunden werden. Da jedoch die Nietten, wenn sie eine solche Reibungsgrösse liefern, schon über ihre Elasticitätsgrenze angestrengt sind, so lässt wahrscheinlich ihre Spannung nach der Richtung ihrer Achse im Laufe der Zeit etwas nach. Geht die Spannung der Nietten nicht bis zur Elasticitätsgrenze, so mag die Reibung nur den Betrag von 3 oder  $3\frac{1}{2}$  Tonnen per Quadratzoll des Nietquerschnittes erreichen, und dieser Betrag ist wahrscheinlich schon vor Eintritt des Bruches fast ganz aufgezehrt.

Bei einigen Versuchen des Mr. Parker mit Ueberblattungs-Nietungen zeigte es sich, dass schon bei einer Belastung gleich dem achten Theile der Bruchbelastung eine bemerkbare Trennung der sich überdeckenden Plattentheile an den Rändern hervortrat, und er folgert daraus, dass bei dieser Art von Vernietung sich die mit einander vernieteten Platten schon ehe die Bruchbelastung erreicht wird und der Bruch wirklich erfolgt, so weit von einander entfernen, dass die Reibung vollständig aufgehoben wird. Sehr bemerkenswerth ist auch der Umstand, dass bei einigen dreifach vernieteten Ueberblattungs-Nietungen, welche sich im Besitze des Herrn Parker befinden und beim Versuche zerrissen worden waren, die Nietten locker in den Löchern sitzen.

Die Herren Greig & Eyth machten Versuche mit Verbindungen, wobei drei Streifen durch einen Niet in der Weise vereinigt waren, dass dieser zweischnittig erschien. Die Nietung wurde mittelst verschiedener Maschinen ausgeführt und der Bruch durch Abscherung der Bolzen bewirkt. Man fand, dass der Scherwiderstand bei jenen Verbindungen am grössten war, welche durch die mit stärkstem Druck arbeitenden Maschinen hergestellt worden waren. Für Stahl Nietten von  $\frac{5}{8}$  Zoll Durchmesser in  $\frac{11}{16}$  Zoll weiten gebohrten Löchern waren die auf den Niet während des Zusammennietens ausgeübten Drucke und die dann gefundenen Bruchgewichte die folgenden:

	Druck auf den Niet in Tonnen	Scherfestigkeit in Tonnen per Quadratzoll
Steam riveter . . . . .	37	19·07
Stationary hydraulic riveter . . . . .	39	17·63
Portable " " . . . . .	30	16·88
Power riveter, light . . . . .	31	16·67
" " heavy . . . . .	52	17·60

Diese Ergebnisse sind nicht besonders übereinstimmend. Wenn wirklich eine Differenz in den Werthen des Scherwiderstandes bei verschiedenen Nietungsdrucken vorhanden ist, so muss dies von dem Werthe der Reibung herrühren oder von einer Festigkeitsänderung am Material in Folge des Nietungsprocesses. Erstere kann kaum als Ursache angenommen werden, weil es unwahrscheinlich ist, dass ein rothglühender Niet den von der Nietmaschine auf ihn ausgeübten Druck in sich zurückhalten kann. Man hat bisher auch allgemein angenommen, es rühre das Zusammenschliessen der Platten, wodurch die Reibung erzeugt wird, von der Contraction der Nieten bei der Abkühlung her, nicht aber von dem Druck, welchen die Nietungsmaschine äussert.

Mr. Kirk hat dem Berichterstatter unlängst einige Verbindungen gezeigt, welche nach dem Zusammennieten auseinander geschnitten worden waren. Aus denselben ersah man, dass bei dicken Platten durch Erhaltung des Pressdruckes während einiger Zeit eine dichtere Verbindung erzielt wird, als durch Applicirung desselben auf einmal, wie dies bei den gewöhnlichen Nietungsmaschinen geschieht. Die ganze Angelegenheit ist noch nicht vollständig aufgeklärt, sie verdient aber weitere Untersuchung. Es erscheint durchaus nicht unmöglich, dass dicke Platten ein wenig federn (spring) so lange der Niet noch rothglühend ist, und es würde jedenfalls bedenklich sein, wenn dem wirklich so wäre.

Druck in der Nietlochleibung (Pressure on the bearing surface of the Rivet). Wenn  $P$  die Kraft vorstellt, mit welcher eine Verbindung gezogen wird, und zwar bezogen auf den einzelnen Niet,  $d$  dessen Durchmesser und  $t$  die Plattendicke, so kann der Ausdruck

$$f_c = \frac{P}{t \cdot d}$$

als mittlerer Stauchdruck des Nietes (mean crushing pressure of the rivet on the plate) bezeichnet werden. Heisst  $f_s$  der Scherwiderstand des Nietes, dann gilt für einschnittige Nieten (the rivets being in single shear)

$$f_c \cdot t \cdot d = f_s \cdot \frac{\pi}{4} d^2 = P$$

$$\frac{f_c}{f_s} = 0.785 \frac{d}{t}$$

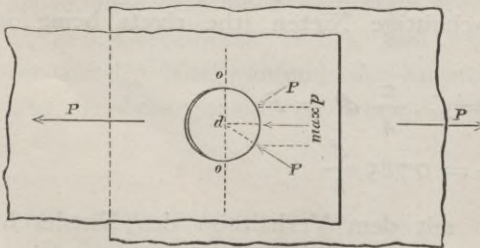
d. h. der Stauchdruck wächst mit dem Verhältniss des Nietdurchmessers zur Plattendicke. Es wird dies zuweilen als Grund angegeben, warum der Nietdurchmesser das  $2\frac{1}{2}$ - bis 3fache der Plattendicke nicht überschreiten soll. Auch ist von einigen Schriftstellern behauptet



worden, dass Nietverbindungen aus Eisen eine sehr geringe Zugfestigkeit zeigen, wenn einmal das  $f_c$  mehr als 30 oder 40 Tonnen per Quadratzoll beträgt. Unter der Belastung werden die Nietlöcher länglich, das Plattenmaterial wird gestaucht und seine Festigkeit vermindert. Genauer über die Art und Weise, wie diese Verminderung in Folge des Verstauchens eintritt, ist bisher noch nicht festgestellt worden, nur wurde oben daran erinnert, dass eine ungleiche Kraftvertheilung ähnlich wie in Folge des Stanzens entsteht. Es existiren keine directen Versuche über die Stauchfestigkeit von Eisen und Stahl, welche von Werth bei Bestimmung des zulässigen (proper) Stauchdruckes der Nieten in Nietverbindungen wären. Es wird jedoch erwünscht sein, wenn hier einige Resultate besprochen werden, welche mit Nietverbindungen erhalten wurden und Bezug auf die vorliegende Frage haben.

Der Berichterstatter ist der Meinung, dass der Werth von  $f_c$ , bei welchem eine Stauchwirkung eintritt, nicht bestimmbar ist. Bei der sehr unregelmässigen Vertheilung des Druckes über die Nietoberfläche ist wahrscheinlich der Maximaldruck, den der Niet auf die Lochwand äussert, viel grösser als der mittlere Werth  $f_c$ . Für mässige Werthe von  $f_c$  (25 bis 30 Tonnen per Quadratzoll z. B.) könnte der Maximaldruck 50 oder 60 Tonnen betragen, und bei einem solchen Werthe würde eine Verstauchung meist sicherlich erfolgen. Aus einigen Versuchen geht hervor, dass, wenn eine Verminderung der Zugfestigkeit eintritt, und zwar gerade für gewöhnliche Werthe von  $f_c$ , dieselbe mit  $f_c$  zunimmt und sehr bedeutend wird, wenn  $f_c$ , wie bei Verbindungen aus Eisen, 40 oder 45 Tonnen per Quadratzoll erreicht. Die mit Stahlplatten bisher angestellten Versuche zeigen keine grosse Verminderung der Zugfestigkeit, welche der Stauchwirkung zugeschrieben werden könnte, wiewohl der Werth von  $f_c$  bei

Fig. 8.



einigen Versuchen 40 oder 50 Tonnen für den Quadratzoll erreichte. Fig. 8 stelle eine gewöhnliche Verbindung vor; dann wird bekanntlich der Nietdruck in der Lochleibung an den Stellen  $oo$  Null sein, dagegen bis zu einem Maximum in der Mitte zwischen diesen Punkten zu-

nehmen. Heisst weiter  $P$  die ganze auf eine Niete in der Verbindung treffende Kraft und  $p$  die Intensität des Druckes an irgend einer Stelle, und

zwar normal zu den sich berührenden Oberflächen, und ist endlich

$$t \frac{d}{2} \cdot \delta \alpha$$

ein Element der Nietbolzen-Oberfläche für den Centriwinkel  $\delta \alpha$  in der nächsten Umgebung jener Stelle, so ist der Gesamtdruck auf das Flächen-Element

$$p t \frac{d}{2} \delta \alpha$$

und die Componente desselben parallel zur Krafrichtung

$$p t \frac{d}{2} \delta \alpha \cdot \cos \alpha$$

und folglich

$$P = t d \int_0^{\frac{\pi}{2}} p \cos \alpha \delta \alpha.$$

Unter der Voraussetzung<sup>\*)</sup>, dass  $p = p_{\max} \cdot \cos \alpha$  wird

$$P = t d p_{\max} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos^2 \alpha \delta \alpha = p_{\max} \cdot t \cdot d \frac{\pi}{4}.$$

Da aber  $P = f_c t d$ , so ist

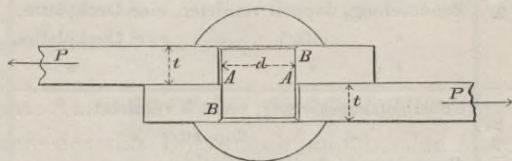
$$p_{\max} = 1.27 f_c$$

d. h. das Maximum des Stauchdruckes ist 1.27mal so gross wie der mittlere Stauchdruck.

Ausserdem ist aber auch sehr wahrscheinlich, dass eine Veränderlichkeit des Druckes in einer Ebene vorhanden ist, welche unter  $90^\circ$  zu der vorhin betrachteten liegt. Der Druck in den Punkten  $AA$  (Fig. 9) wird grösser sein wie bei  $BB$ ; und es müsste sich mit Rücksicht hierauf ein viel grösserer Werth für das Verhältniss

$\frac{p_{\max}}{f_c}$  ergeben. Bei einem zweischnittigen Niet ist die letztere Veränderlichkeit in der Stauchdruckvertheilung nur von geringem Belang, woraus sich wohl der höhere Grenzwert des Stauchdruckes

Fig. 9.



<sup>\*)</sup> Unter der Voraussetzung, dass der Niet cylindrisch bleibt, während die Platte verstaucht wird (oder dass bei unverändertem Loch der Bolzen verstaucht wird), ist der Betrag der Stauchung in der Richtung der Bewegung des Nietes constant an allen Stellen des Loches und die Stauchung, normal zur Nietoberfläche gemessen, ist mit  $\cos \alpha$  veränderlich. Dies ist die Veränderlichkeit des Normaldruckes, wie sie oben angenommen worden ist.



erklären würde, welcher aus Versuchen mit Nietverbindungen mit doppelter Stossplatte zu folgen scheint.

In der folgenden Tabelle sind alle Versuche zusammengestellt, welche einigen Aufschluss über den Stauchdruck geben können. Vergleicht man z. B. die Versuche Fairbairn's, soweit sie eingeklammert sind (weil auf eine und dieselbe Art der Vernietung bezüglich) mit einander, so scheint der Abnahme des Stauchdruckes eine ziemlich gleichmässige Zunahme der beobachteten Zugfestigkeit zu entsprechen. Bei Ueberblattungs-Nietungen (lap joints) ist eine Verminderung der Zugfestigkeit zu bemerken, wenn der Stauchdruck 30 Tonnen übersteigt. Ungefähr das gleiche Resultat liefern die Versuche Mr. Stoney's. Bei Versuchen des Mr. Browne war die Abnahme der Zugfestigkeit eine sehr grosse, als der Stauchdruck 40 Tonnen erreichte; allerdings hegt der Berichterstatter Zweifel, ob dieselbe allein durch den Stauchdruck veranlasst war.

Versuche mit Eisenverbindungen, aus welchen die Abhängigkeit der Zugfestigkeit (Apparent Tenacity) vom Stauchdruck der Nietten in den Lochleibungen hervorgeht.

		Art der Verbindung	Stauchdruck	Beobachtete Zugfestigkeit der Verbind.	Ursprüngliche Zugfestigkeit der Platten	Verlust an Zugfestigkeit in Folge der Stauchung
Fairbairn		Ueberblattungs-nietung, einfach vernietet . . . . .	37·4	18·7	—	—
		« « « . . . . .	29·85	19·9	—	—
		« doppelt « . . . . .	34·95	23·3	—	—
		« « « . . . . .	34·30	21·8	—	—
		« « « . . . . .	26·10	26·1	—	—
		« « « . . . . .	22·90	24·7	—	—
		Bandnietung, doppelt vernietet, eine Deckplatte.	25·90	24·1	—	—
		« einfach « zwei Deckplatten	42·06	23·9	—	—
		« « « « «	29·10	27·1	—	—
Kirkaldy		Ueberblattungs-nietung, einfach vernietet . . . . .	26·13	21·1	—	—
		« doppelt « . . . . .	16·39	25·57	—	—
		Bandnietung, doppelt vernietet . . . . .	33·34	19·63	—	—
		« « « . . . . .	32·03	20·34	—	—
		« « « . . . . .	28·19	20·08	—	—
		« « « . . . . .	27·93	17·50	—	—
Browne		Ueberblattungs-nietung, einfach vernietet . . . . .	41·81	12·95	—	—
		« « « . . . . .	38·82	12·06	—	—
		« « « . . . . .	37·93	11·74	—	—
		Bandnietung, einfach vernietet . . . . .	45·16	13·98	—	—
		« « « . . . . .	42·07	12·97	—	—
	« « « . . . . .	41·44	12·83	—	—	

Art der Verbindung		Stauchdruck	Beobachtete	Ursprüngliche	Verlust an
			Zugfestigkeit der Verbind.	Zugfestigkeit der Platten	Zugfestigkeit in Folge der Stauchung
Stoney	Ueberblattnietung, einfach, gestanzte Löcher	29·56	14·24	22·00	7·76
	„ „ „ „	24·84	14·67	18·54	3·87
	„ „ „ „	22·08	16·77	21·43	4·66
	„ „ „ „	21·10	16·00	21·43	5·43
	„ „ „ „	19·50	20·48	21·43	0·95
	„ „ „ „	18·80	19·76	21·43	1·67
	„ „ „ „	17·31	18·22	24·00	5·78
	„ „ gebohrte „	28·75	20·90	22·00	1·10
	„ „ „ „	26·35	15·57	22·00	6·43
	„ „ „ „	24·39	18·52	21·43	2·91
	„ „ „ „	21·59	16·37	21·43	5·06
	„ „ „ „	21·22	21·22	21·43	0·21
	„ „ „ „	20·60	21·59	21·43	Zunahme
	„ „ „ „	20·50	21·54	21·43	„

Sämmtliche Versuchsreihen in dieser Tafel sind nach dem Stauchdrucke geordnet.

Bolzenverbindungen (Pin Connections). Für die Bolzenverbindungen bei Kettengliedern (suspension links) ist, wie festgestellt wurde, zur Erzielung gleicher Festigkeit der Verbindung und des Gliedes, der Bolzendurchmesser  $d$  nicht kleiner als 0·8 der Breite  $b$  des letzteren zu nehmen, und der Querschnitt des Gliedes im Bolzenloch soll nicht weniger als das 1·5fache seines Querschnittes im vollen Theil betragen. Aus dem ersteren Verhältniss würde für den Stauchdruck und die Zugspannung die Proportion

$$\frac{f_c}{f_t} = \frac{b}{d} = \frac{1}{0\cdot8} = 1\cdot25$$

folgen; und aus der anderen Annahme kann der Schluss gezogen werden, dass die Zugfestigkeit des das Bolzenloch umgebenden Materials wegen der Ungleichmässigkeit der Spannung in demselben kleiner wie die Zugfestigkeit des vollen Gliedes ist, und zwar in dem Verhältniss von 0·666, was einem Verlust von 33 Percent entspricht. Diese Ergebnisse sind, wenn sie auch nicht unmittelbar auf Nietverbindungen angewendet werden können, doch insofern interessant, als sie immerhin zur Vergleichung benützt werden können, wenn es sich um den Stauchdruck und die Zugfestigkeit handelt, wie sie bei genieteten Verbindungen beobachtet werden.



Bei den Versuchen mit eisernen Ueberblattungs-Nietungen wurde stets ziemlich bestimmt eine Abnahme der Zugfestigkeit\*) in dem Masse beobachtet, als der Stauchdruck an Grösse zunahm; bei eisernen Bandnietungen war dies nicht der Fall. Es liegen hier Beispiele vor, bei welchen die Zugfestigkeit durch einen hohen Stauchdruck ganz merklich vermindert wurde, und andere, wo dieselbe unbeeinflusst hiedurch geblieben zu sein schien. Auch bei stählernen Verbindungen konnte selbst bei sehr bedeutendem Stauchdruck eine regelmässige Beeinflussung nicht nachgewiesen werden. Dem Berichterstatter kommt es vor, als ob eine Erklärung dieser Abweichungen in der Verschiedenheit der relativen Härte von Nieten und Platten gefunden werden könnte. Wenn der Niet merklich härter wie die Platte ist, so wird diese darunter leiden, ist aber der Niet entschieden weicher wie die Platte, so findet das Umgekehrte statt. Bei Eisenverbindungen ist bald die Platte, bald der Niet härter, bei Stahlverbindungen scheinen die Nieten in der Regel weicher wie die zu verbindenden Platten zu sein. Man darf jedoch nicht übersehen, dass dies nur eine auf Vermuthung beruhende Erklärung der Unregelmässigkeit sein soll, die, falls nicht Irrthümer beim Experimentiren vorliegen, äusserst verwirrend sind.

**Durchmesser der Nietbolzen.** Für jede Nietverbindung müssen drei veränderliche Grössen bestimmt werden: die Dicke der Platte ( $t$ ), die Niettheilung (pitch) ( $p$ ) und der Nietdurchmesser ( $d$ ). Die drei zulässigen Werthe der Zug-, Stauch- und Scherkraft liefern drei Bedingungen zur Feststellung dieser Grössen. In der Praxis wird der Durchmesser der Nieten in der Regel empirisch bestimmt. Da nun hiebei vielerlei Bedingungen in Rücksicht kommen, so wird es dann gewöhnlich nothwendig, eine von den drei Kräften kleiner wie den zulässigen Grenzwert zu wählen. Dies aber ist kein ganz befriedigendes Verfahren.

Heisst  $f_c$  die Stauch- und  $f_s$  die Scherspannung und wird der Stauch- und Scherwiderstand einander gleich gesetzt, so erhält man für einschnittige Nieten

$$\frac{\pi}{4} d^2 \cdot f_s = t d \cdot f_c$$

$$\frac{d}{t} = 1.27 \frac{f_c}{f_s}$$

\*) Unter Abnahme der Zugfestigkeit ist hier die einfache Verminderung des Verhältnisses  $\frac{\text{Bruchkraft}}{\text{Effectiver Querschnitt}}$  ( $\frac{\text{Breaking load}}{\text{area of metal in joint}}$ ) verstanden, sei es, dass diese Verminderung eine Folge veränderter Qualität des Materials ist, oder Folge einer Verminderung der durchschnittlichen Anstrengung wegen ungleichmässiger Kraftvertheilung.

und in ähnlicher Weise für doppelschnittige Nieten

$$\frac{d}{t} = 0.635 \frac{f_c}{f_s}.$$

Sind also  $f_c$  und  $f_s$  theoretisch festgestellt, so ist auch das Verhältniss von  $d$  zu  $t$  bestimmt. So erhält man z. B. für einschnittige Nieten aus Eisen, wenn  $f_c = 30$  und  $f_s = 20$  Tonnen genommen wird,

$$\frac{d}{t} = 1.9$$

und für doppelschnittige Nieten, wenn  $f_c = 40$  und  $f_s = 20$  gesetzt worden ist,

$$\frac{d}{t} = 1.27.$$

Es mag erwünscht sein, zu untersuchen, inwieweit die bestehende Uebung hinsichtlich der Annahme des Nietdurchmessers praktische Vortheile gewährt. Gewöhnlich wird der Durchmesser für die Nieten mit Rücksicht auf die Plattendicke, ohne Rücksicht dagegen auf die Art der Vernietung gewählt. Wenn jedoch, wie die Versuche zeigen, der Stauchdruck grösser ist bei Verbindungen mit doppelter Deckplatte als bei solchen mit einfacher Deckplatte, und grösser für Band- als für Ueberblattungs-Nietungen, wenn sodann der Scherwiderstand verschieden ist bei einfacher und mehrfacher Vernietung, so ist die Wahl des Nietdurchmessers nur im Hinblick auf die Plattendicke keineswegs den theoretischen Anforderungen entsprechend.

Es wird nun passend sein, einige von den Regeln zusammenzustellen, welche zur Bestimmung des Durchmessers einschnittiger Nieten in Vorschlag gebracht worden sind:

- Browne . . . . .  $d = 2 t$  . . . . . (1)  
 Fairbairn . . . . .  $d = 2 t$  für Platten unter  $\frac{3}{8}$  Zoll Dicke . . (2)  
 " . . . . .  $d = 1.5 t$  " " über  $\frac{3}{8}$  " " . . (3)  
 Lemaitre . . . . .  $d = 1.5 t + 0.16$  . . . . . (4)  
 Antoine (a) . . . . .  $d = 1.1 \sqrt{t}$  . . . . . (5)  
 Pohlig (b) . . . . .  $d = 2 t$  für Kesselnietung . . . . . (6)  
 " . . . . .  $d = 3 t$  für besonders starke Nietung . . . . (7)  
 Redtenbacher (c) .  $d = 1.5 t$  bis  $2 t$  . . . . . (8)  
 Unwin (d) . . . . .  $d = \frac{3}{4} t + \frac{5}{16}$  bis  $\frac{7}{8} t + \frac{3}{8}$  . . . . . (9)  
 " (e) . . . . .  $d = 1.2 \sqrt{t}$  . . . . . (10)

(a) Naval Science, vol. i. 1872.

(b) Maschinentheile, 1877.

(c) Construction des Machines, 1874.

(d) Wrought-Iron Bridges, 1869.

(e) Machine Design, 1877.



Die folgende Tabelle enthält mehrere in der Praxis vorkommende Angaben über Nietdicken und die entsprechenden Dicken, welche einige der obigen Regeln liefern:

Nietdurchmesser für verschiedene Plattendicken.

Dicke der Platten Zoll	Durchmesser der Niete in Zollen											
	Lloyd's Rules	Liverpool Rules	English Dockyards	French Veritas	Browne Gl. (1)	Fairbairn Gl. (2) u. (3)	Lemaître Gl. (4)	Antoine Gl. (5)	Unwin Gl. (10)	Wilson	Havrez	Hall
5/16	5/8	5/8	1/2	—	5/8	5/8	5/8	5/8	11/16	5/8	11/16	5/8
3/8	5/8	5/8	5/8	5/8	3/4	3/4	23/32	11/16	3/4	11/16	3/4	11/16
7/16	5/8	3/4	3/4	5/8	7/8	21/32	13/16	3/4	13/16	3/4	13/16	13/16
1/2	3/4	13/16	3/4	—	I	3/4	15/16	3/4	7/8	3/4	7/8	15/16
9/16	3/4	13/16	7/8	3/4	1 1/8	27/32	I	13/16	7/8	7/8	I	I
5/8	3/4	7/8	7/8	—	1 1/4	15/16	1 1/8	7/8	15/16	7/8	I	1 1/16
11/16	7/8	7/8	7/8	13/16	—	1 1/32	1 3/16	15/16	I	7/8	—	—
3/4	7/8	15/16	I	7/8	—	1 1/8	1 1/4	15/16	1 1/16	I	—	—
13/16	7/8	I	I	—	—	1 7/32	1 3/8	I	1 3/32	I	—	—
7/8	I	1 1/8	1 1/8	I	—	—	—	I	1 1/8	I	—	—
15/16	I	1 3/16	1 1/8	—	—	—	—	1 1/16	1 3/16	1 1/8	—	—
I	I	1 1/4	1 1/8	1 1/16	—	—	—	1 1/8	1 1/4	1 1/8	—	—

Abstand der Niete vom Plattenrand. Gewöhnlich nimmt man an, dass Löcher noch mit Sicherheit gestanzt werden können, wenn sie mindestens um einen Durchmesser vom Plattenrand abstehen; ein solcher Abstand scheint auch in den meisten Fällen auszureichen, dem Bestreben der Niete die Platte auszuschlitzen zu widerstehen.

Der genaue Abstand, welcher Sicherheit gegen das Ausschlitzen des Plattenrandes bietet, lässt sich auf theoretischem Wege nicht bestimmen, da die Art des Angriffes und Widerstandes verwickelt ist. In den meisten Abhandlungen über Vernietungen wird angenommen, dass die Niete die Platten nach den Linien *aa*, *bb* (Fig. 6) abzu-

Fig. 6.

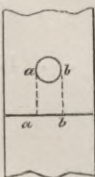
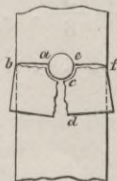


Fig. 6 a.



scheren versuchen. Dem Berichterstatter ist jedoch kein Versuch bekannt geworden, bei welchem die Platte in solcher Weise nachgegeben hätte. Bei einigen Versuchen erfolgte der Bruch gleichzeitig nach den Linien *ab*, *cd*, *ef* (Fig. 6 a). Diese Art des Bruches kann jedoch nur in Verbindungen mit einem Niet erscheinen, und vielleicht deutet ein der-

artiger Bruch darauf hin, dass bei dem letzten Niet einer Reihe

etwas mehr Metall zwischen Niet und Plattenrand zugegeben werden, oder dass der Abstand desselben vom Rande die halbe Niettheilung ein wenig übertreffen sollte.

Ausgenommen an den Enden der Verbindung, befindet sich das Metall vor (in front) jedem Niet in der Lage eines mit beiden Enden eingespannten und transversal belasteten Balkens. Nimmt man die Belastung in dessen Mitte concentrirt an und nennt  $l$  die Entfernung der Nietlochmitte vom Plattenrand, sodann  $f$  die grösste Biegungsspannung, so erhält man als Relation zwischen dem Scherwiderstand des Nietes und dem Widerstande der Platte gegen Kreuzbruch (cross-breaking)\*)

$$\frac{\pi}{4} d^2 f_s = \frac{1}{3} \frac{(2l-d)^2}{d} . t f$$

woraus

$$l = \sqrt{\frac{3 \pi}{16} \frac{d^3}{t} \frac{f_s}{f}} + \frac{d}{2}.$$

Setzt man  $f$  gleich der gewöhnlichen Zugspannung des Eisens, so erhält man für  $l$  einen Werth, welcher etwas kleiner ist wie der in der Praxis gewöhnlich übliche. Vielleicht möchte es von Werth sein, einige Versuche zur Bestimmung der Constanten in einer Formel von der Form

$$l = c. \sqrt{\frac{d^3}{t}} + \frac{d}{2}$$

auszuführen, aus welcher die Grösse des Vorsprungs berechnet werden könnte, welcher ausreichend wäre, einen Kreuzbruch zu verhüten. Bei derartigen Versuchen würde es dann wahrscheinlich nothwendig werden, das seitliche Ausweichen der beiden Theile, in welche sich die Platte unter dem Niet trennen würde, durch «clips» zu verhüten, welche die Verbindung dicht umschliessen. Hiedurch würde eine Verbindung mit einem einzelnen Niet annähernd zu einem Theil einer längeren Verbindung.

\*) Das grösste Biegemoment für einen mit seinen Enden eingespannten Balken muss zwischen  $\frac{1}{12} T d$  und  $\frac{3}{16} T d$  liegen, wenn  $T$  die Gesamtlast bedeutet. Nimmt man dasselbe zu  $\frac{1}{8} T d$  an und setzt dieses gleich dem Widerstandsmoment des Querschnittes vor dem Niet, welches gleich

$$\frac{1}{6} f t \left( l - \frac{d}{2} \right)^2$$

ist, so erhält man die oben angenommene Formel.



## IV. Versuche mit ganzen Nietverbindungen.

Bisher hat sich die Besprechung nur auf solche Daten erstreckt, welche durch Detailversuche festgestellt worden waren. Es erübrigt nun jene vorzunehmen, welche nur aus Versuchen mit verschiedenen Arten von Nietverbindungen erlangt werden können. Was vor Allem durch solche Untersuchungen festgestellt werden muss, ist die Beziehung der Zugfestigkeit des Eisens in der Verbindung zu der ursprünglichen Festigkeit der einzelnen vollen Platte, und zu der Scherspannung, welche die Nieten noch aushalten, bevor sie nachgeben. Vermittelst dieser Beziehungen wird die Niettheilung und die Festigkeit der Verbindung bestimmt.

Wir wollen das Verhältniss der Zugkraft in der Verbindung zu dem effectiven Zugquerschnitt der Platte an der Stelle wo der Bruch erfolgt, die beobachtete Zugfestigkeit der Verbindung nennen. (We may call the ratio of the tension on the joint to the tearing section of the plate at the place of fracture the Apparent Tenacity of the joint.) Dann ist diese beobachtete Festigkeit gegenüber der ursprünglichen Zugfestigkeit des Eisens vermindert

1. durch gewisse Beschädigungen, welche beim Bohren oder Stanzen eintreten;

2. durch die Unregelmässigkeit der Spannung, hervorgerufen durch die Art, wie die Nieten auf die Platten wirken und sie stauchen;

3. durch Unregelmässigkeiten in der Kraftvertheilung, wie sie durch die unter der Belastung eintretenden Verbiegungen der ganzen Verbindung bedingt werden.

Der beobachtete Scherwiderstand wird kleiner wie der oben durch die Detailversuche gefundene sein

1. weil die Belastung sich nicht gleichmässig auf die einzelnen Nieten vertheilt;

2. weil die gegenseitige Stauchwirkung der Nieten und Platten an einander eine Concentration der Spannung an einzelnen Stellen des Nietquerschnittes verursacht.

Es sei  $f_s$  der beobachtete Scherwiderstand und  $\Omega_s$  der Scherquerschnitt der Nieten in einer gegebenen Verbindung oder in einer gegebenen Strecke derselben, und  $f_t$  der beobachtete Zugwiderstand, sowie  $\Omega_t$  der Querschnitt der Platte durch die Nietlöcher, wo derselbe am kleinsten ist (effective Querschnitt). Dann wird die stärkste Verbindung jene sein, bei welcher stattfindet

$$f_t \cdot \Omega_t = f_s \cdot \Omega_s.$$

Ist der Durchmesser der Nieten entweder empirisch angenommen, oder so, dass der Stauchdruck eine gewisse Grenze nicht überschreitet, dann ist durch die obige Gleichung die Niettheilung bestimmt. Gegenstand der Versuche mit ganzen Nietverbindungen ist nun die Bestimmung der Werthe von  $f_t$  und  $f_s$ , und zwar für die verschiedenen Arten der Vernietungen. Hiezu sind zwei Parallel-Versuche erforderlich, einer mit einer Verbindung, welche durch Zerreißen nachgegeben hat, ein zweiter mit einer Verbindung, bei welcher der Bruch durch Abscheren der Nieten eingetreten ist.

Eine dieser Verbindungen müsste also mit einem Ueberschuss an Zugfläche, die andere mit übermässig starker Abscherungsfläche angeordnet werden, alle übrigen Verhältnisse aber müssten bei beiden vollkommen übereinstimmend sein. Leider ist dies selten bei den bisher angestellten Versuchen der Fall gewesen.

1. Einfach vernietete Ueberblattungs-Nietungen aus Eisen. (Single-riveted Lap Joints of Iron.) In den nachstehenden beiden Tabellen sind alle bekannt gewordenen zuverlässigen Versuche über einfache Ueberblattungs-Nietungen aus Eisen enthalten, welche entweder durch Zerreißen oder durch Abscheren nachgegeben haben. Ausgeschlossen blieben nur alle jene Versuche, bei welchen der Stauchdruck der Nieten in den Lochleibungen so gross war, dass durch denselben augenscheinlich oder wahrscheinlicher Weise die beobachtete Festigkeit der Verbindung alterirt werden musste\*).

\*) In allen diesen Tafeln sind jene Spannungen, welche dem Bruch entsprechen, mit fatter Schrift gedruckt. So gaben z. B. in der nächsten Tabelle alle Verbindungen durch Zerreißen nach und es sind deshalb alle Zugkräfte fett gedruckt. Die Stauch- und Scherkräfte, welche zur Vergleichung mit angeführt worden sind, sind folglich kleiner wie jene, bei welchen ein Bruch durch Stauchung oder Abscheren eingetreten wäre.



Einfach vernietete Ueberblattungs-Nietungen aus Eisen.  
Der Bruch erfolgte durch Zerreißen.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Eisens, Tonnen per Quadratzoll	Spannung im Augenblick des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit (Efficiency) der Verbindung, Percente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Sche- rung	Stau- chung		
Von Hand . . .	gestanzt	25·77	16·37	18·33	32·74	46	Sir W. Fairbairn. Die Nietköpfe brachen ab.
«	«	«	16·35	18·31	32·70	46	Sir W. Fairbairn. Die Nietköpfe rissen (cracked).
Mit Maschine..	«	«	19·95	14·90	26·63	44	Sir W. Fairbairn.
?	«	?	20·15	14·13	25·89	?	Hendry.
Mit Maschine..	«	«	15·31	16·23	25·45	«	
«	«	«	15·65	15·38	21·43	«	
«	«	«	20·74	13·19	24·12	«	
?	«	?	21·11	15·59	26·13	?	Kirkaldy.
Von Hand . . .	«	18·54	14·67	16·21	24·84	50	B. B. Stoney.
«	«	22·00	14·24	19·79	29·56	44	
«	«	21·43	20·48	10·89	19·50	47	
«	«	«	19·76	10·51	18·80	45	
«	«	«	16·00	12·12	21·10	45	
«	«	«	16·77	12·69	22·08	47	
«	«	24·00	18·22	10·49	17·31	37	
«	gebohrt	22·00	15·57	16·97	26·35	45	
«	«	«	20·90	18·30	28·75	55	
«	«	21·43	21·59	12·12	20·60	50	
«	«	«	16·37	12·41	21·59	44	
«	«	«	21·54	11·46	20·50	50	
«	«	«	18·52	14·01	24·39	50	
«	«	24·00	21·22	12·83	21·22	44	
?	gestanzt	26·70	22·30	25·60	40·23	—	Master Mechanics' Association (Mittel aus 3).
Mit Dampfkraft	gebohrt	22·25	19·48	18·44	26·56	50·4	Greig & Eyth.
«	gestanzt	«	16·80	14·89	21·38	40·6	
Von Hand . . .	gebohrt	«	17·96	17·00	24·48	46·5	
Mit Dampf. . .	«	«	19·63	18·61	26·77	50·8	
Mit hydr. Druck	«	«	20·43	19·35	27·86	52·9	
Mit Dampf? . .	gebohrt?	«	21·29	17·31	29·59	57·6	

Einfach vernietete Ueberblattungs-Nietungen aus Eisen.  
Der Bruch erfolgte durch Abscheren.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Eisens, Tonnen per Quadratzoll	Spannung im Augenblick des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Scherung	Stauung		
?	gestantzt	25·77	17·99	22·40	30·00	44	Sir W. Fairbairn.
Von Hand . . . . .	«	22·00	11·97	17·78	27·94	38	
«	«	22·00	14·75	19·90	32·60	46	Mr. B. B. Stoney.
«	gebohrt	«	15·10	18·63	29·63	46	
«	«	«	17·75	17·90	28·84	50	
«	«	—	20·90	18·30	28·75	55	Sir W. Fairbairn.
Mit Maschine . . . . .	gestantzt	—	—	19·53	—	—	
Von Hand . . . . .	«	—	—	20·51	—	—	
Mit Maschine . . . . .	gebohrt	—	—	18·51	—	—	
Von Hand . . . . .	«	—	—	20·34	—	—	
«	gestantzt	—	—	21·20	—	—	
Mit Maschine . . . . .	gebohrt	—	—	19·58	—	—	Master Mechanics' Association (Mittel aus 3).
?	«	26·70	20·8	23·8	37·35	—	
Mit Dampf . . . . .	«	22·25	19·48	18·44	26·56	50·4	Greig & Eyth.
«	«	«	19·63	18·61	26·77	50·8	
Mit hydr. Druck	«	«	20·43	19·35	27·86	52·9	
Mit Dampf? . . . . .	« ?	«	21·29	17·31	29·59	57·6	

Aus den verschiedenen Versuchsreihen erhält man die folgenden Mittelwerthe:

Autoren	Art der Löcher	Mittlere „Apparent Tenacity“ der Verbindung, Tonnen per Quadratzoll	Verhältniss der mittleren „Apparent Tenacity“ zur ursprüngl. Zugfestigkeit der Platte, Procente	Mittlerer Scherwiderstand der Nietten, Tonnen per Quadratzoll	Verhältniss der Zugfestigkeit der Platte zum Scherwiderstande der Nietten, Procente
Fairbairn . . . . .	gestantzt	17·55	68·11	22·40	78·3
Hendry . . . . .	«	17·96	—	—	—
Stoney . . . . .	«	17·16	79·97	18·84	91·0
« . . . . .	gebohrt	19·39	88·31	18·27	106·1
Fairbairn . . . . .	gestantzt	—	—	20·41	—
« . . . . .	gebohrt	—	—	19·47	—
Master Mechanics' Association . . . . .	gestantzt	22·30	83·52	—	—
	gebohrt	—	—	20·80	—
Greig & Eyth . . . . .	gestantzt	16·80	75·50	—	—
	gebohrt	19·75	88·70	18·43	107·1
Mittleres Resultat . . . . .	gestantzt	18·35	76·77	20·55	84·6
« . . . . .	gebohrt	19·57	88·50	19·24	106·6



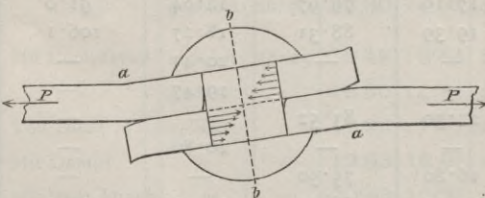
Die hier gefundenen Mittelwerthe sind nicht sehr abweichend von einander, ihr Werth sinkt jedoch bei Betrachtung der bedeutenden Unterschiede, welche die einzelnen Versuche zeigen.

Es scheint, dass die «*apparent tenacity*» der Verbindung wenigstens um 20 Percent kleiner wie die ursprüngliche Festigkeit der vollen Platte ist, wenn die Löcher gestanzt wurden, und um 12 Percent kleiner bei gebohrten Löchern. Die Scherfestigkeit (der Nieten) ist um 6 Percent grösser bei gestanzten als bei gebohrten Löchern. Dieses Resultat ist jedoch mit Bedenklichkeit aufzunehmen, weil es zweifelhaft ist, ob bei Versuchen mit gestanzten Verbindungen die wirkliche Grösse des Nietdurchmessers jemals bestimmt worden ist. Bei Nietverbindungen, deren Löcher gestanzt wurden, ist die Zugfestigkeit der Platten nur 85 Percent von dem Scherwiderstand der Nieten; bei gebohrten Löchern dagegen ist die Bruchspannung der Platten grösser wie die der Nieten, und zwar in dem Verhältniss 1.07 : 1.

Der Unterschied der «*apparent tenacity*» bei gebohrten und gestanzten Verbindungen ist kaum so gross als die Versuche über Wirkung des Stanzens und Bohrens erwarten lassen. Aber der Verlust an Festigkeit von 12 Percent bei gebohrten Verbindungen scheint auf einen beträchtlichen Festigkeitsverlust hinzuweisen, welcher der Verbiegung der Verbindung und anderen Ursachen zugeschrieben werden muss, und in gleicher Weise beide Arten von Verbindungen beeinflusst.

Die Verminderung der Festigkeit wird bei den Ueberblattungs-Nietungen gewöhnlich den Verbiegungen zugeschrieben, welche die Versuchsstücke unter der Belastung erleiden. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Verbiegung hauptsächlich in den Punkten *aa* (Fig. 10) eintritt, während der Bruch thatsächlich nach der Ebene *bb* erfolgt. Wahrscheinlicher ist diese Verminderung Folge der Art, wie der

Fig. 10.



Nietdruck sich auf die Platte vertheilt. Die wahrscheinliche Vertheilung ist ungefähr durch die relativen Längen der Pfeile in Fig. 10 angedeutet. Man ersieht daraus, dass durch die Verbiegung und Stauchung der Platte die Zugresultante seitwärts nach

dem inneren Rand der Bruchfläche verlegt wird, wodurch die Festigkeit in wirksamer Weise vermindert wird. Je breiter die Ueberblattung und

je mehr Nietreihen vorhanden sind, desto geringer ist wahrscheinlich die Wirkung und desto näher wird die Festigkeit der Verbindung jener der Platte liegen. (Siehe Anhang I.)

2. Einfach vernietete Bandnietungen aus Eisen. Die Versuche mit dieser Art von Nietung sind weniger übereinstimmend als jene mit Ueberblattungs-Nietungen, und sie sind auch viel weniger vollständig wie jene. Der Stauchdruck in Sir W. Fairbairn's Versuchen ist höher wie der bei den Versuchen des Mr. Browne. Während aber Ersterer eine durchschnittliche Zugfestigkeit von 22·38 Tonnen angibt, hat der Letztere nur 13·17 Tonnen. Hieraus lassen sich keine allgemein befriedigenden Schlüsse ziehen. Der mittlere Scherwiderstand ist bei zwei Versuchen 20 Tonnen, ungefähr der gleiche wie bei den Ueberblattungs-Nietungen.

Einfach vernietete Bandnietungen aus Eisen. Der Bruch erfolgte durch Zerreißen.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Eisens, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindungen, Percente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Scherung	Stauchung		
?	gestanzt	25·77	16·62	22·06	29·47	41	Sir W. Fairbairn. Einfache Deckplatte, „Countersunk rivets“.
?	«	«	26·13	17·34	46·25	60	
?	«	«	21·70	15·08	38·50		
?	«	«	25·09	16·66	44·51		
Von Hand . . . .	gestanzt	Bestes Staffordshire Kesselblech, Zugfestigkeit 20—22 Tonnen per Quadratzoll	12·86	8·73	41·67		Die Verbindungen nicht mit Rücksicht auf Leistungsfähigkeit zugerichtet.
«	«		13·19	9·23	42·73		
«	«		12·85	8·49	41·82		
«	«		12·66	8·05	41·01		
«	«		13·15	8·93	42·61		
«	«		12·69	8·26	40·70		
«	«		13·39	8·44	42·94		
«	«		14·29	9·70	46·30		
«	«		14·25	9·39	46·25		
?	?		22·25	18·42	17·44	25·11	
?	?	«	24·24	11·48	33·83	62·7	

Einfach vernietete Bandnietungen aus Eisen. Der Bruch erfolgte durch Abscheren.

?	gestanzt	25·77	16·62	22·06	29·47	41	Sir W. Fairbairn. Einfache Deckplatte.
?	«	?	13·87	17·92	20·06	—	David Kirkaldy. Einfache Deckplatte.



3. Zweifach vernietete Ueberblattungs- und Bandnietungen aus Eisen. Diese Versuche, wie sie in den nachstehenden beiden Tabellen sich finden, sind ziemlich zahlreich, soweit es die Zugfestigkeit von Blechen mit gestanzten Löchern betrifft; es liegen jedoch keine Versuche mit gebohrten Blechen vor und auch keine, bei welchen ein Abscheren der Nietbolzen eingetreten wäre.

Zweifach vernietete Ueberblattungs-Nietungen aus Eisen. Der Bruch erfolgte durch Zerreißen.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Eisens Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Percente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Scheerung	Stauchung		
	gestanzt	25·77	22·97	17·15	30·62	58	Sir W. Fairbairn
	«	«	23·74	17·73	31·69		
	«	«	20·38	18·00	27·17		
	«	«	23·24	20·51	31·02		
	«	«	26·05	19·45	26·05	60	«
	«	«	24·41	17·00	22·78		
	gestanzt	—	25·57	10·05	16·39	—	David Kirkaldy. Zwischen Aussenseite der Niete und dem Plattenrande nuro 3 Zoll Metallstärke.
Mit Maschine . .	gestanzt	18·7	16·28	16·60	25·17	60	Easton & Anderson. Die Platten nicht ausgeglüht.
«	«	«	15·48	15·71	23·84		
«	«	«	17·31	17·65	26·77		
Mit Dampf? . .	gebohrt?	22·25	20·44	17·68	25·46	62·9	Greig & Eyth.
« ?	gebohrt?	«	21·90	8·94	15·22	59·2	«
Mit hydr. Druck	gestanzt	19·55	10·91	11·60	9·83	35·9	R. V. J. Knight. Versuche von Kirkaldy, Plattendicke 1 Zoll. Diese Resultate sind von den vorausgehenden besonders getrennt, weil sie eine bedeutende Verminderung der Zugfestigkeit der Verbindung zeigen.
«	«	«	10·55	11·23	9·53	34·7	
«	«	23·2	12·79	10·20	9·60	33·1	
«	«	«	13·22	10·53	9·92	34·2	
?	«	21·5	12·18	15·10	13·54	42·0	R. V. J. Knight. Plattendicke 7/8 Zoll.
?	«	«	12·83	15·54	13·94	43·2	

Die ungewöhnlich niedrige Zugfestigkeit in Mr. Knight's Versuchen ist schwer zu verstehen. Die Verbindungen waren mit ziemlich dicken Platten hergestellt worden, und Mr. Knight erklärt in einem Brief an den Berichtersteller die Festigkeits-Verminderung aus den Verbiegungen, welche die Verbindungen bei der Prüfung erleiden.

Nichtsdestoweniger aber müssen diese Resultate als ungewöhnliche betrachtet werden, nicht nur weil bei ihnen die Festigkeits-Verminderung weit grösser wie bei irgend welchen anderen Versuchen der Tabelle ist, sondern weil eine so grosse Verminderung bei stählernen Verbindungen nicht vorzukommen scheint, welche bei der Untersuchung mehr als eiserne Verbindungen deformirt wurden. Eine weitere Besprechung dieses Punctes und noch einige ergänzende Versuche sind im Anhange angegeben.

Zweifach vernietete Bandnietungen aus Eisen. Der Bruch erfolgte durch Zerreißen.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Eisens, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen und Quellenangabe	
			Zug	Scherung	Stauung			
	gestanzt	25·77	23·74	18·92	25·33	60	Sir W. Fairbairn. Einfache Deckplatte.	
	«	«	24·42	17·45	26·05			
	«	«	24·07	19·18	25·68	67	Sir W. Fairbairn. Doppelte Deckplatte.	
	«	«	19·41	10·55	20·69			
	«	«	23·46	11·09	29·66			
Mit Maschine..	«	21·5	16·12	16·43	29·48	60	Easton & Anderson. Doppelte Deckplatte, Aussenseite der Nietten nur 0·54 und 0·65 Zoll vom Plattenrand. „Half net section“ zwischen den Nietlöch. „would have required 0·9 Zoll“.	
	«	—	23·10	19·26	37·84	—		
Von Hand . . .	«	—	16·80	21·00	27·52	—	Mr. Martell. Einfache Deckplatte.	
	«	—	17·50	11·73	27·93	—		
	«	«	—	19·63	9·38	33·34	—	David Kirkaldy. Doppelte Deckplatte.
	«	«	—	20·08	12·34	28·19	—	
«	«	—	20·34	14·00	32·03	—		
?	?	22·25	18·07	15·63	22·50	55·6	Greig & Eyth. Einfache Deckplatte.	
?	?	«	20·65	8·92	25·72	63·5	Greig & Eyth. Doppelte Deckplatte.	
Mit hydr. Druck	gestanzt	19·35	17·53	6·90	13·0	53·8	R. V. J. Knight. Doppelte Deckplatte, Plattendicke 1 Zoll.	
	«	«	17·51	6·90	13·0	53·7		

Die folgende Tabelle enthält die Mittelwerthe für zweifach vernietete Ueberblattungs- und Bandnietungen:



Beschreibung	Author	Beobachtete Zugfestigkeit der Verbindung, Tonnen per Quadratzoll	Verhältniss der beobachteten Zugfestigkeit der Verbindung zur ursprünglichen Zugfestigkeit der vollen Platten, Percente
Ueberblattungs-Nietungen.			
Einschnittig (Single shear) gestanzt	Fairbairn	23·50	91·2
« «	Kirkaldy	25·57	—
« «	Easton & Anderson	16·35	87·4
« gebohrt?	Greig & Eyth	21·17	95·0
« gestanzt	Knight	12·08	56·4
Bandnietungen.			
Einfache Deckplatte. Gestanzt....	Fairbairn	24·07	93·4
« « « ....	Martell	19·95	—
Doppelte « « ....	Fairbairn	21·44	83·2
« « « ....	Kirkaldy	19·39	—
Einfache « .....	Greig & Eyth	18·07	81·2
Doppelte « .....	«	20·65	92·8
« « Gestanzt....	Knight	17·52	90·0

Leider ist die ursprüngliche Festigkeit der Platten bei den Versuchen Fairbairn's nicht ganz sicher bestimmt worden. Bei den Versuchsstücken der Herren Easton & Anderson und des Herrn Kirkaldy war der Abstand des äussersten Nietes vom Plattenrande ungewöhnlich klein, was Veranlassung zu übermässigen Spannungen an diesem Rande geben konnte. Mr. Martell gibt die ursprüngliche Festigkeit des Eisens nicht an und seine beiden Resultate weichen sehr von einander ab. Die Versuche mit dieser Art von Vernietung sind daher sehr unvollständig und ungenügend.

4. Scherwiderstand von Eisen- und Stahlnieten in Stahlblechen. Da die Art der Verbindung den Scherwiderstand der Nieten, wie es scheint, nicht merklich beeinflusst, so sind sämtliche Abscherungs-Resultate mit Stahlverbindungen in den folgenden Tabellen zusammengestellt:

Ueberblattungs-Nietungen, gebrochen durch Abscheren.  
Stahlbleche und Stahlnieten.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Stahles, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Scherung	Stauung		
Einf. vernietet	gebohrt	36·22	24·93	25·53	36·04	41	Henry Sharp.
«	gestanzt	«	26 25	25·87	37·58	42	
Zweif. «	gebohrt	36·22	42·33	25·95	36·69	70	B. Martell.
«	gestanzt	«	37·00	21·88	31·74	60	
«	gebohrt	«	23·68	24·26	34·26	39	«
«	gestanzt	28·93	24·1	23·96	37·65	61	
«	gebohrt	«	24·5	24·37	38·27	61	David Kirkaldy.
«	gestanzt	36·20	33·90	25·51	37·93	63	
«	«	«	27·81	24·60	35·86	56	«
«	«	25·9	17·6	19·85	33·98	—	
Dreif. «	gebohrt	28·93	27·4	30·00	31·47	73	B. Martell.
«	«	«	26·7	29·25	30·66	72	
«	«	«	19·7	25·43	28·26	55	
«	«	«	22·2	24·75	25·92	60	
«	«	«	21·9	18·60	21·92	57	
«	«	«	22·0	30·28	32·66	62	
«	«	«	23·3	32·04	34·59	66	
Einf., mit Dampf	gebohrt	25·83	27·40	23·95	34·50	56·6	Greig & Eyth.
«	gestanzt	«	28·80	25·46	36·67	59·6	
«	«	«	38·87	25·52	36·76	60·2	
« von Hand.	gebohrt	«	22·16	20·98	30·22	49·4	
« mit Dampf	«	«	26·22	24·83	35·76	58·5	
« mit hydr. Druck	«	«	34·35	23·05	33·21	54·4	
Zweifach? . . . . .	?	«	26·14	22·61	32·56	70·0	
Dreif., Kettenniet	gebohrt	31·7	32·30	25·1	36·01	79	Parker *) 1/4 zöllig. Blech.
«	«	«	29·1	29·89	25·5	73	« 1/2 « «
«	«	«	30·4	25·89	23·9	62	« 3/4 « «
«	«	«	27·5	26·07	24·1	67	« I « «
« Zickzacknietung	«	«	27·4	19·74	19·4	54	« 7/8 « «
«	«	«	27·3	21·41	20·6	54	« 7/8 « «
Vierf., «	«	«	27·4	25·91	19·2	71	« 7/8 « «

\*) Diese Versuchsreihen, über sehr starke Verbindungen von 1/4 bis 1 Zoll dicken Blechen, wurden von Mr. Kirkaldy angestellt, die Verbindungen waren von Mr. Denny of Dumbarton hergestellt worden. Die Resultate hat Mr. W. Parker mitgetheilt.



## Bandnietungen, gebrochen durch Abscheren. Stahlbleche und Stahlnieten.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Stahles, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Scherung	Stauung		
Einf. vernietet	gebohrt	36·22	23·68	24·26	34·26	39	Henry Sharp. 1 Deckpl.
« «	gestanzt	«	24·53	24·17	35·12	40	« «
« «	gebohrt	«	36·62	18·75	52·94	60	« 2 «
Zweif. «	«	36·22	39·25	24·05	34·02	64	« 1 «
« «	gestanzt	28·93	21·60	26·12	35·39	57	B. Martell. 1 Deckplatte.
« «	«	«	23·30	31·95	37·65	61	« «
Einf. «	?	25·83	25·03	23·69	34·11	55·8	Greig & Eyth. 1 Deckpl.
Zweif. «	?	«	25·66	22·72	31·96	68·0	« «
Zweif. « 2 Deckpl..	gebohrt	28·2	27·23	19·8	27·10	72	W. Parker, 7/8 Zoll Blech.

## Vernietungen, gebrochen durch Abscheren. Stahlbleche und Eisennieten.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Eisens, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Scherung	Stauung		
Doppelt verniet. Ueberbl.-Niet.	gestanzt	28·93	19·20	19·05	30·00	49	B. Martell.
Doppelt verniet. Bandnietung, 1 Deckplatte	«	«	16·70	23·39	27·54	44	
Zweif. verniet. Ueberbl.-Niet.	«	?	25·27	19·81	25·27	606	R. V. J. Knight.
«	«	?	24·71	19·36	24·71		
«	«	?	24·86	19·54	24·86		
Dreif. verniet. Ueberbl.-Niet.	gebohrt	28·8	31·92	17·4	23·93	77	Parker *), 3/8 zöllig. Blech.
	«	31·2	34·58	17·7	26·05	77	« 3/8 « «
	«	27·6	26·42	16·7	20·80	67	« 3/4 « «
	«	28·0	29·22	15·2	20·22	70	« 3/4 « «
	«	26·7	28·16	15·9	20·12	71	« 14/16 « «
	«	30·0	25·55	16·5	20·10	60	« 3/4 « «
«	«	30·7	34·76	19·1	27·03	79	« 1/4 « «
«	«	32·2	34·95	19·2	27·12	76	« 1/4 « «

\*) Es ist auffallend, dass die Zugspannung in der Verbindung bei diesen Versuchen gewöhnlich grösser war (che die Verbindung durch Abscheren nachgab), als die Bruchspannung ähnlicher Versuchsstücke desselben Materials. Letztere gehören zu Mr. Denny's Versuchen, welche in der Anmerkung zur Tabelle für „Ueberblattungs-Nietungen, gebrochen durch Abscheren, Stahlbleche und Stahlnieten“ bezeichnet sind.

Die Mittelwerthe sind die folgenden:

Beschreibung	Autor	Art der Löcher	Scherwiderstand der Niete, Tonnen per Quadratzoll
<b>Eisennieten.</b>			
Ueberblattungs-Nietungen . . . . .	Martell & Knight . . . . .	gestanzt	19'44
« « . . . . .	Parker . . . . .	gebohrt	17'27
Bandnietungen (ein Versuch) . . . . .	Martell . . . . .	gestanzt	23'39
<b>Stahlnieten.</b>			
Ueberblattungs-, einf. vernietet . . . . .	Sharp und Greig & Eyth .	gestanzt	25'62
« « « . . . . .	« « . . . . .	gebohrt	23'67
« zweif. « . . . .	Sharp, Martell & Kirkaldy	gestanzt	23'99
« « « . . . . .	Sharp und Martell . . . . .	gebohrt	24'86
« « « . . . . .	Easton & Anderson . . . . .	gestanzt	19'85
« dreif. « . . . .	Martell . . . . .	gebohrt	26'91
« « « (Kettenn.) . . . . .	Parker und Denny . . . . .	gebohrt	24'65
« « « (Zickzackn.) . . . . .	« « . . . . .	«	20'00
« vierf. « . . . .	« « . . . . .	«	19'20
Bandnietungen, einf. vernietet . . . . .	Sharp und Greig & Eyth .	—	22'72
« zweif. « . . . .	« « . . . . .	—	24'93

5. Ueberblattungs-Nietungen aus Stahl. (Steel Lap Joints.) Ueber einfach vernietete Ueberblattungs-Nietungen aus Stahl liegt nur ein einziger Versuch vor.

Zweifach vernietete Ueberblattungs-Nietungen, gebrochen durch Zerreißen. Stahl.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Stahles, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Percente	Bemerkungen und Quellenangabe
			Zug	Sche- rung	Stau- chung		
	gestanzt	28'93	30'8	18'11	28'61	69	Martell. Blech nicht ausgeglüht. Eiserne Niete.
	«	«	30'7	18'10	28'50	69	
	«	«	30'6	18'00	28'41	69	
	«	«	30'8	18'11	28'61	69	Martell. Blech nicht ausgeglüht. Stahlnieten.
	«	«	31'4	17'41	27'48	69	
	«	?	41'01	19'83	27'14	—	David Kirkaldy. (Wahrscheinl. nicht ausgeglüht.)
?	?	25'83	26'89	10'97	18'08	62'9	Greig & Eyth. (Wahrscheinl. nicht ausgeglüht.)
Mit Maschine . .	gestanzt	25'9	26'94	19'37	33'20	74'0	Easton & Anderson. (Nicht ausgeglüht.) Stahlnieten.
«	«	25'8	27'03	19'50	33'41	74'5	



Es folgen nun Mittelwerthe für die doppelt vernieteten Ueberblattungs-Nietungen aus Stahl, wie sie sich aus der vorstehenden Tabelle ergeben:

Blech	Author	Beobachtete Zugfestigkeit der Verbind., Tonnen per Quadratzoll	Zugfestigkeit des Bleches, Tonnen per Quadratzoll	Verhältniss der beobachteten Zugfestigkeit der Verbindung zur Zugfestigkeit des Bleches, Percente
Nicht ausgeglüht ..	Martell .....	30·72	28·93	106·2
« « ..	Kirkaldy .....	41·04	—	—
« « ..	Easton & Anderson.	26·98	25·85	104·4
Ausgeglüht .....	Martell .....	31·40	28·93	108·5
?	Greig & Eyth .....	26·89	25·83	104·1

Schliesst man Mr. Kirkaldy's Resultate aus, so ergibt sich die beobachtete Zugfestigkeit der Verbindung um 21 Percent höher als der Scherwiderstand der Stahlmieten.

Die folgenden Versuche mit Stahlblechen wurden von Mr. W. Parker mitgetheilt. Die Verbindungen waren von Mr. Denny of Dumbarton hergestellt worden, und die Prüfung der Versuchsstücke führte Mr. Kirkaldy aus. Sie bieten Interesse nicht nur weil sie eine Lücke in den Versuchsreihen ausfüllen, sondern auch wegen der bedeutenden Grösse der zu den Versuchen benützten Verbindungen und wegen der Dicke mehrerer der Bleche.

Dreifach vernietete Ueberblattungs-Nietungen, gebrochen durch Zerreißen. Stahlbleche, Eisennieten.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Stahles, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Percente	Bemerkungen
			Zug	Scherung	Stauchung		
Mit Maschine ..	gebohrt	31·2	35·38	18·2	26·79	79	Parker, $\frac{3}{8}$ zölliges Blech.
«	gestanzt	31·2	23·34	12·0	17·58	52	« « « «
«	«	28·8	22·47	12·2	16·85	54	« $\frac{7}{16}$ « «
«	gebohrt	31·6	32·75	17·6	25·76	73	« $\frac{1}{2}$ « «
«	«	32·7	31·27	16·5	24·59	67	« « « «
«	«	30·9	36·11	16·1	24·32	77	« $\frac{1}{4}$ « «
«	«	30·4	35·00	15·6	23·57	76	« « « «
«	«	28·3	29·88	15·7	23·31	74	« $\frac{1}{2}$ « «
«	«	28·2	30·14	15·8	23·51	75	« « « «

Dreifach vernietete Ueberblattungs-Nietungen, gebrochen durch Zerreißen. Stahlbleche, Stahlnieten.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Stahles Tonnen per Quadrat Zoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadrat Zoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen
			Zug	Scherung	Stauchung		
Mit Maschine *)	gebohrt	31·6	35·88	23·3	32·96	83	Parker. 1/4zölliges Blech.
« « *)	«	29·1	33·83	22·0	22·10	77	« 1/2 « «
« « *)	«	28·6	30·47	22·2	21·24	72	« 3/4 « «
« « *)	«	27·7	29·44	21·5	15·83	69	« I « «
« « **)	?	27·1	25·34	18·4	18·91	70	« 7/8 « «

\*) Kettennietung. Drei Reihen Nieten.  
 \*\*) Zickzacknietung, vierfach vernietet.

Diese Versuche ergeben die folgenden Mittelwerthe:

Art der Nietung	Author	Art der Löcher	Beobachtete Zugfestigkeit der Verbindung	Zugfestigkeit des Bleches	Verhältniss der Zugfestigkeit der Verbindung zu jener des Bleches, Procente
Dreifache. Eisennieten	Parker und Denny	gestanzt	22·90	30·0	76·3
« «	« «	gebohrt	32·93	30·5	108·0
« Stahlnieten	« «	«	30·99	28·8	107·5

6. Bandnietungen aus Stahl. (Steel Butt Joints.) In der folgenden Tabelle sind alle Resultate für Bandnietungen aus Stahl enthalten:



Zweifach vernietete Bandnietungen, gebrochen durch  
Zerreissen. Stahl.

Art der Nietung	Art der Löcher	Zugfestigkeit des Stahles, Tonnen per Quadratzoll	Spannung bei Eintritt des Bruches in Tonnen per Quadratzoll			Leistungsfähigkeit der Verbindung, Procente	Bemerkungen und Quellenangabe	
			Zug	Sche- rung	Stau- chung			
Mit Maschine..	gebohrt	36·22	39·25	24·05	34·02	64	Henry Sharp. Stahlnieten. 1 Deckplatte.	
	gestanzt	«	43·63	25·80	37·43	70		
	gebohrt	«	42·93	13·16	37·20	70	Henry Sharp. Stahlnieten. 2 Deckplatten.	
	gestanzt	«	39·11	11·57	33·56	63		
	«	28·93	22·9	30·36	38·15	61	Martell. Blech ausgeglüht. Stahlnieten. 1 Deckpl.	
	gebohrt	«	24·6	14·02	34·02	63		
	«	«	23·1	13·19	32·00	57	Martell. Stahlnieten. 2 Deckplatten	
	«	«	28·7	16·35	39·68	73		
	«	«	26·2	17·14	39·79	68		
	«	«	29·15	24·64	14·02	34·00		65
	«	«	«	22·87	13·03	31·61	60	Boyd. 2 Deckplatten.
	«	«	«	28·72	16·37	39·70	75	
	«	gestanzt	36·20	30·8	14·31	41·59	60	David Kirkaldy. 2 Deckplatten. Stahlniet. Blech ausgeglüht.
	«	«	«	33·70	15·66	45·49	67	
	«	«	«	36·81	15·42	44·49	68	
	«	«	«	37·13	15·55	44·87	68	
	«	«	«	34·19	14·86	40·38	65	
	«	«	«	34·92	15·17	41·24	66	
	«	«	«	33·05	15·77	41·45	63	
	«	«	«	31·49	15·03	39·51	60	
«	«	«	33·00	15·75	37·78	61		
«	«	«	32·39	15·46	37·09	60		
«	«	«	32·31	11·48	47·82	65		
«	«	«	34·17	14·05	50·35	68		
?	?	25·83	30·21	14·30	41·19	60·4	Greig & Eyth. Doppelte Deckplatte.	
?	?	«	25·61	11·06	31·89	68·0		
Mit Maschine..	gebohrt	28·1	22·04	16·4	21·92	·59	Parker. Doppelte Deckplatte.	
«	«	27·1	22·73	16·8	22·66	·63		
«	«	27·2	27·74	21·6	47·95	·76		

Weiter folgen Durchschnittswerthe für Bandnietungen. Dabei wird angenommen, falls nicht Anderes angegeben ist, die Bleche seien nicht ausgeglüht worden.

Beschreibung	Autor	Beobachtete Zugfestigkeit der Verbind., Tonnen per Quadratzoll	Zugfestigkeit des Bleches, Tonnen per Quadratzoll	Verhältniss der beobachteten Zugfestigkeit der Verbindung zur Zugfestigkeit des Bleches, Percente
<b>Nicht ausgeglühte Bleche.</b>				
Zweif. vernietet. 1 Deckpl.	Sharp . . . . .	41'44	36'22	114'4
« « 2 «	« . . . . .	41'02	36'22	113'2
« « 2 «	Martell . . . . .	25'65	28'93	88'7
« « 2 «	Boyd . . . . .	25'41	29'15	87'2
« « 2 «	Greig & Eyth	27'91	25'83	108'0
« « 2 «	Parker . . . . .	24'17	27'5	87'8
<b>Ausgeglühte Bleche.</b>				
Zweif. vernietet. 1 Deckpl.	Martell . . . . .	22'90	28'93	79'2
« « 2 «	Kirkaldy . . . . .	33'66	36'20	93'0

Diese Resultate weichen so sehr von einander ab, dass es nicht erwünscht erschien, Mittelwerthe aus ihnen zu ziehen.

Die Versuche von Mr. Martell und Mr. Sharp liefern für die «apparent tenacity» bei

- gestanzten Verbindungen . . . 35'21 Tonnen per Quadratzoll
- gebohrten « . . . 39'92 « « «

aber die Einzelwerthe sind unter einander auch sehr verschieden.



## Anhang I.

Während der vorstehende Bericht sich in Druck befand, correspondirte der Berichterstatter mit Mr. R. V. J. Knight über die von demselben mit Ueberblattungs-Nietungen angestellten Versuche. Der Berichterstatter hatte nämlich erfahren, dass die Versuchsstücke in der Prüfungsmaschine des Mr. Kirkaldy durch platte Backen (flat clips) festgehalten worden waren, und dass bei einer solchen Einspannung das Zusammenfallen der Kraftresultante mit der Mittellinie der Verbindung nicht sicher angenommen werden könne. Wie es scheint, sind mehrere, wenn nicht alle Versuchsstücke thatsächlich zwischen Backen festgehalten worden, allein es zeigt sich, dass Mr. Knight noch immer der Meinung ist, die geringe Festigkeit, welche er beobachtete, sei durch die Art der Ueberblattungs-Nietung und nicht durch die Befestigungsweise der Stücke in der Prüfungsmaschine bedingt worden. Zur Erhärtung dieser Anschauung war Mr. Knight so freundlich, folgende interessante Versuche auszuführen.

Es wurden zwölf Gusseisenstücke (iron castings) von der durch Fig. 12 gegebenen Form hergestellt, je vier derselben zusammen in einem Formkasten (moulding box), wobei sie nach Fig. 11 gegen

Fig. 11.

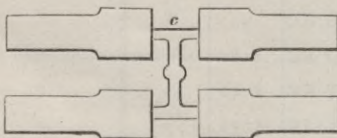
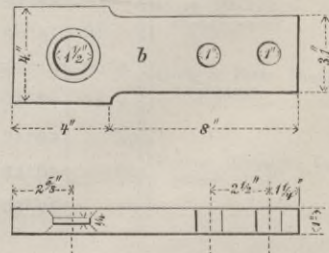


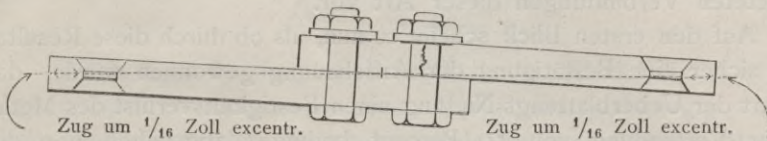
Fig. 12.



das Gussloch (runners) geordnet waren. Einige dieser Stücke wurden sodann zu doppelt vernieteten Ueberblattungs-Nietungen vereinigt, andere zu doppelten Bandnietungen. Die Löcher für die Bolzen wurden

gebohrt und letztere eingepasst. Die Schraubenmuttern (nuts) wurden aus freier Hand aufgeschraubt. Die  $1\frac{1}{2}$  Zoll weiten Löcher an den Stab-Enden, welche zum Befestigen der Versuchsstücke in der Maschine dienen sollten, waren nach beiden Seiten hin konisch geformt, so dass in der Mitte eine Tragfläche von  $\frac{1}{4}$  Zoll übrig blieb. Die Bolzen für diese Löcher waren «a loose fit». Die Bandnietungen wurden mit  $\frac{1}{2}$  Zoll dicken schmiedeisernen Stossplatten (straps) beiderseits versehen. Bei der Belastung von 2 Tonnen nahmen die Ueberblattungs-Nietungen eine Lage an, wie es die Fig. 13 zeigt, und diese Lage

Fig. 13.



behielten sie bis zum Eintritte des Bruches. Die Resultate waren die folgenden:

Erster Formkasten	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Ueberblattungs-Nietung, brach bei } 11 \text{ Tonnen.} \\ 1 \text{ Bandnietung, defect.} \end{array} \right.$
Zweiter "	
Dritter "	$\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ Ueberblattungs-Nietung, brach bei } 10 \text{ Tonnen.} \\ 1 \text{ Bandnietung, brach bei } 20\frac{1}{8} \text{ Tonnen.} \end{array} \right.$

Mittlere Bruchbelastung bei Ueberblattungs-Nietung 10·46 Tonnen.

" " " Bandnietung 20·62 Tonnen.

Hieraus geht zweifellos hervor, dass bei diesen Versuchen die Abweichung der Mittelkraftslinie von dem Mittelpunkt des Bruchquerschnittes bei Ueberblattungs-Nietungen einen Verlust von ungefähr der Hälfte der Festigkeit bewirkt hatte. Und dieser Festigkeitsverlust muss ganz und gar der Art der Vernietung zugeschrieben werden, nachdem die Befestigung der Versuchsstücke in der Prüfungsmaschine in vollkommen befriedigender Weise geschehen war.

Die Bolzen waren durch die Belastung nicht angegriffen worden. Das Gusseisen war erster Qualität, feinkörnig, jedoch nicht hart. Die Bruchflächen zeigten keine Mängel. Zur weiteren Information wurden die übrig gebliebenen Stücke in Form von einfach vernieteten Ueberblattungs-Nietungen zusammengebolzt. Die Resultate hiemit waren folgende:



Guss im 1. Kasten . . . . .	(1)	brach bei	$7\frac{3}{4}$	Tonnen.
“ “ 1. “ . . . . .	(2)	“ “	8	“
“ “ 1. “ . . . . .	(3)	“ “	8	“
“ “ 2. “ . . . . .	(1)	“ “	$8\frac{1}{3}$	“
“ “ 2. “ . . . . .	(2)	“ “	$8\frac{1}{2}$	“
“ “ 2. “ . . . . .	(3)	“ “	$8\frac{1}{2}$	“
“ “ 3. “ . . . . .	(1)	defect.		
“ “ 3. “ . . . . .	(2)	brach bei	$7\frac{3}{4}$	Tonnen.
“ “ 3. “ . . . . .	(3)	“ “	$8\frac{1}{3}$	“

Mittlere Bruchspannung  $8\cdot12$  Tonnen.

Es liegt hier ein noch grösserer Festigkeitsverlust als bei doppelt vernieteten Verbindungen dieser Art vor.

Auf den ersten Blick scheint es nun, als ob durch diese Resultate ganz sicher eine Bestätigung der Anschauung gewonnen würde, dass die Art der Ueberblattungs-Nietung einen Festigkeitsverlust des Metalls in der Verbindung von 50 Percent bedinge, abgesehen von dem anderen Verlust in Folge des Stanzens der Löcher. Man kann jedoch dieses Ergebniss nicht ohne Weiteres auf gewöhnliche schmiedeiserne Verbindungen übertragen, angesichts der vielen Versuche, welche einen viel kleineren Betrag des Verlustes ergeben, so dass der Berichterstatter nicht in der Lage ist, diese Versuche mit Gusseisen als ganz gleichbedeutend mit solchen über Walzeisen zu halten.

Schmiedeisen verlängert sich beträchtlich, wenn es über die Elasticitätsgrenze angestrengt wird, besonders wenn die Anstrengung bis nahe an die Bruchgrenze geht, während die Verlängerung des Gusseisens nicht viel grösser über als unter der Elasticitätsgrenze ist. Die Ungleichmässigkeit der Kraftvertheilung über den Bruchquerschnitt in Folge einer vorhandenen Abweichung der Resultante der Anstrengung von dem Schwerpunct des Querschnittes ist wahrscheinlich bei Walzeisen viel geringer als bei Gusseisen. Ausserdem muss bemerkt werden, dass die Abweichung der Resultantenlinie verhältnissmässig ebenso gross bei dünnen als bei dicken Ueberblattungs-Nietungen ist, und dass deshalb die von Mr. Knight für  $\frac{7}{8}$  und 1 Zoll starke Verbindungen constatirte Festigkeits-Verminderung auch bei  $\frac{3}{8}$  und  $\frac{1}{2}$  Zoll starken Verbindungen gefunden werden müsste. Innerhalb der Elasticitätsgrenze würde die Spannung unter allen Umständen ebenso ungleichmässig bei dünnen wie bei starken Verbindungen sein, und es ist kein Grund einzusehen, warum dies beim Bruch anders werden sollte. Die Versuche mit dünnen Verbindungen sind nun zahlreich, und sie zeigen keine beträchtliche Verminderung der beobachteten Festigkeit des Materials, welche man der Art der Verbindung zuschreiben könnte.

Heisst  $P$  die Kraftresultante für den Querschnitt und  $r$  der Abstand ihres Angriffspunctes vom Schwerpunkte des letzteren, weiter  $A$  die Fläche und  $Z$  der «modulus» des Querschnittes, so ist, falls die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wird, die Maximalspannung (maximum stress)

$$f_{\max} = P \left( \frac{1}{A} + \frac{r}{Z} \right)$$

und die mittlere Spannung (mean stress)

$$f = \frac{P}{A}.$$

Folglich ist die mittlere Spannung kleiner wie das Maximum in dem Verhältniss

$$\frac{f}{f_{\max}} = \frac{1}{1 + \frac{A}{Z} r}.$$

Wenn  $r$  ein bestimmter Bruchtheil der Blechdicke  $t$  ist, wie oben erwähnt wurde, so ist dieses Verhältniss unabhängig von der Dicke, und die mittlere Spannung würde für ein gegebenes Maximum oder Bruchspannung die gleiche sein, gleichviel ob die Bleche dick oder dünn wären. Nun ist bei den Versuchen des Mr. Knight mit Gusseisen  $r$  ungefähr  $\frac{1}{3} t$  bei den doppelt verbolzten, und  $\frac{1}{2} t$  bei den einfach verbolzten Versuchsstücken. Es ergibt sich daher, wenn noch die Breite der Versuchsstücke mit  $b$  bezeichnet wird,

$$1 + \frac{A}{Z} r = 1 + \frac{6 b t r}{b t^2} = 1 + \frac{6 r}{t}$$

= 3 für doppelt und 4 für einfach verbolzte Verbindungen.

Es würde folglich, wenn die Elasticitätsgrenze nicht überschritten worden wäre, die «apparent tenacity»  $\frac{1}{3}$  der wirklichen Bruchspannung bei ersteren und  $\frac{1}{4}$  bei letzteren gewesen sein. Diese Verhältnisszahlen weichen nicht sehr weit von jenen ab, welche thatsächlich gefunden worden sind, denn die wirkliche Festigkeit war wahrscheinlich etwas höher als die Festigkeit bei den Bandnietungen. Folglich ist die Kraftvertheilung bei Gusseisen nahezu ebenso ungleichmässig, wenn der Stab bricht, als wenn das Material vollkommen elastisch wäre.

Bei der obigen Berechnung ist vorausgesetzt, dass keine Verbiegung der Gussstäbe stattfindet, wodurch die Lage der Kraftresultante in Beziehung auf den Querschnitt der Verbindung in merklicher Weise verändert werden müsste. Mit anderen Worten, es ist  $r$  bei Eintritt des Bruches und vor der Prüfung als gleichwerthig angenommen. Dies ist für Gusseisen nahezu richtig, bei Verbindungen aus Walzeisen jedoch treten Verbiegungen ein, durch welche die Lage der Kraftresultante gegen den Bruchquerschnitt verändert wird, und zwar in einem noch unbekanntem Mass.



## Anhang II.

Vorschläge zu den beabsichtigten Versuchen mit Nietverbindungen. Solche Vorschläge wurden der Subcommission auf der Conferenz zu Glasgow unterbreitet. Hier wurde dann bestimmt, dass die Versuche vorerst auf Stahlbleche beschränkt werden sollten, und es wurde der Berichterstatter ersucht, seine Vorschläge diesem Beschluss gemäss abzuändern. Da Professor Kennedy sich erboten hatte, für die Subcommission Versuche mit der ihm zur Verfügung stehenden Prüfungsmaschine auszuführen, wurde der Berichterstatter aufgefordert, die für diese Versuche geeigneten genauen Dimensionen der Versuchsstücke zu erwägen. Die Grenze des Bruchgewichtes ist für diese Versuchsstücke auf 45 Tonnen fixirt. Nimmt man bei Stahl die Bruchspannung von 30 Tonnen auf den Quadratzoll für Zug und 24 Tonnen für Scherung an, so sind die Versuchsstücke so auszuführen, dass der schwächste Zugquerschnitt 1·5 Quadratzoll und der kleinste Abscherungsquerschnitt 1·8 Quadratzoll nicht überschreitet.

Eine Durchsicht der früheren Versuche ergibt bedeutende Verschiedenheiten in den Resultaten, auch wenn dieselben unter sonst gleichen Umständen erlangt worden waren.

Diese Verschiedenheiten mögen in einigen Fällen von wirklichen Unterschieden in der Qualität des geprüften Materials herrühren. Selbst zwei Versuchsstücke aus einem und demselben Blech besitzen nicht immer gleiche Bruchfestigkeit, um so mehr muss eine Verschiedenheit bei Blechen verschiedener Production erwartet werden. Da nun durch Versuche mit Nietverbindungen hauptsächlich die richtigen Verhältnisse (proportions) derselben bestimmt werden sollen und erst in zweiter Linie die Festigkeit verschiedener Materialsorten, so wird es sich für die Subcommission empfehlen, eine sehr gleichmässige Qualität von Stahlblechen und Stahlnietstäben auszuwählen, und nur diese, wenigstens bei den ersten Versuchen zu verwenden. Je gleichmässiger diese Qualität ist, desto weniger Versuche sind zur Bildung eines zuverlässigen mittleren Resultates nothwendig. Für eine spätere Unternehmung mag es

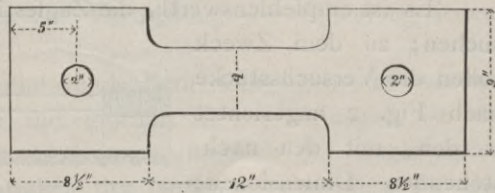
geeignet sein, Versuche über die Wirkung der Vernietung bei einem geringeren oder weniger gleichmässigen Material anzustellen.

Für die Zwecke unserer Versuche möchten drei Werthe der Blechdicke erwünscht sein; folgende werden vorgeschlagen:  $\frac{1}{4}$  Zoll,  $\frac{3}{8}$  Zoll und  $\frac{1}{2}$  Zoll.

Die Nietendurchmesser für solche Bleche würden für gewöhnlich zwischen  $\frac{1}{2}$  Zoll und  $\frac{7}{8}$  Zoll liegen. Da aber das richtige Kaliber der Nieten eines von den erst zu lösenden Problemen ist, so würden für die verschiedenen Versuche Stahlrietstäbe von  $\frac{7}{16}$ ,  $\frac{9}{16}$ ,  $\frac{11}{16}$ ,  $\frac{13}{16}$ ,  $\frac{15}{16}$  und  $1\frac{1}{16}$  Zoll Durchmesser zu empfehlen sein.

Um die von der Subcommission angestellten Versuche mit den älteren Versuchen in Vergleich setzen zu können, und um sie mustergiltig durchzuführen, muss die Zug- und Scherfestigkeit des Stahles an sich bekannt sein. Es sind deshalb auch Versuche anzuordnen mit Blechstücken jeder Stärke und mit Nietstabstücken aller oben genannten Sorten.

Zugfestigkeit der Bleche. (Tenacity of Plates.) Die Blechstücke, welche der Prüfung unterworfen werden, sollen nach Fig. 1 geformt und so ausgeführt werden, dass sie in der Prüfungsmaschine mittelst Bolzen an Schneiden gehalten werden. Das zur Zeit häufig übliche Verfahren, die Bleche durch Reibung festzuhalten, indem man Keile (wedges) benützt, welche die Enden



zusammenpressen, hält der Berichterstatter für ganz unzuverlässig bei Blechen, welche eine grosse Breite im Verhältniss zu ihrer Dicke besitzen, obgleich dieses Verfahren ganz wohl für quadratische oder runde Stäbe geeignet sein mag. Es ist kaum möglich, dass eine in dieser Weise durch Backen gehaltene Platte so gleichmässig gepresst würde, dass die Kraftresultante durch den Schwerpunkt des geprüften Stückes hindurchginge. Professor Kennedy zeigte dem Berichterstatter mehrere Versuchsstücke, welche in Backen solcher Art zum Bruch gebracht worden waren; dieselben schienen während der Prüfung Verbiegungen unterworfen gewesen zu sein.

Alle Versuchsstücke sollen gleichförmig nach Fig. 1 gebildet werden; die veränderliche Dimension  $b$  wäre wie folgt zu wählen:



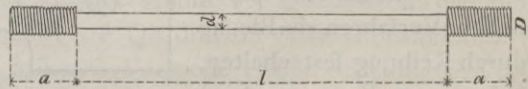
	Zoll	Zoll	Zoll
Plattendicke . . . . .	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
Breite ( <i>b</i> ) . . . . .	$1\frac{3}{8}$ und 4	$2\frac{1}{16}$ und $3\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{4}$
	Tonnen	Tonnen	Tonnen
Wahrscheinliches Bruchgewicht	30	39	41

Bei Versuchsstücken dieser Art liegt die Gefahr nahe, dass in Folge Ungleichmässigkeit der Spannung an den Enden, besonders bei dünnen Platten, ein Ausreissen der Befestigungsbolzen eintritt. Mit Rücksicht hierauf wird die Plattendicke an den Enden durch Aufnieten eines Zulagestückes verdoppelt, es wird hiedurch besser als durch eine bedeutendere Verbreiterung an den Enden vorgebeugt. Noch besser wäre es, auf jeder Seite eine Zulegeplatte aufzunieten, um so den Druck gleichmässiger über den Bolzen zu vertheilen und Stauchungen zu vermindern.

Bei einigen neueren Versuchen des Mr. Knight mit Gusseisen waren die Löcher für die Befestigungsbolzen auf beiden Seiten konisch geformt, um den Druck sicher mit der Axe der Platte zusammenfallen zu lassen. Es ist dies eine erwünschte Anordnung, wo sie durchführbar ist; bei Stahl jedoch würde sie wahrscheinlich ganz unwirksam sein wegen der Verstauchung der Platte rund um den Bolzen (from the crushing of the plate round the pin).

Es ist empfehlenswerth, die Zugfestigkeit des Nietstahls zu untersuchen; zu dem Zweck sollen die Versuchsstücke nach Fig. 2 zugerichtet werden, mit den nachstehenden Dimensionen; das Gewinde nach Whitworth.

Fig. 2.



Durchmesser des Originalstabes	Z o l l		
	$\frac{11}{16}$	$\frac{15}{16}$	$1\frac{1}{16}$
Dimension <i>D</i> . . . . .	$\frac{5}{8}$	$\frac{3}{4}$	1
« <i>a</i> . . . . .	2	2	$2\frac{1}{2}$
« <i>l</i> . . . . .	12	12	12
« <i>d</i> . . . . .	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{13}{16}$

Scherfestigkeit des Nietstahls. Der Berichterstatter hat keine Erfahrung über die beste Form der Versuchsstücke zur Bestimmung des Scherwiderstandes. Wahrscheinlich werden hiezu die unten erwähnten Versuche über Bandnietungen mit doppelter Deckplatte ausreichend sein; immerhin aber wären besondere Versuche, wenn sie sich anordnen lassen, erwünscht.

Versuche mit Nietverbindungen. Besondere Vorsichtsmassregeln, welche sich im Hinblick auf die früheren Versuche empfehlen. Nachdem man sich von der Abwesenheit aller Materialfehler versichert hat, muss man sich demnächst überlegen, welche besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, deren Ausserachtlassung bei früheren Versuchen mit Nietverbindungen zu widersprechenden Resultaten geführt hat. Zweifellos muss man manche der Ungereimtheiten bei früheren Versuchen Mängeln der Prüfungsmaschine oder Irrungen bei der Messung zuschreiben. In erster Beziehung bedarf es keiner weiteren Bemerkung, aber hinsichtlich der Messung ist zu bemerken, dass die einzelnen Theile vor dem Zusammennieten gemessen werden sollen.

Betreffs der Anordnung aller Versuchsstücke ist eine allgemeine Regel zu beachten, dass nämlich die Verbindungslinie der Mittelpunkte der beiden Befestigungsbolzen gehen muss

1. durch den Schwerpunct des schwächsten Querschnittes jeder Platte und jeder Deckplatte;
2. durch den Schwerpunct der zusammengehörigen Nietquerschnitte, oder bei Bandnietungen, der vereinigten Nietquerschnitte auf jeder Seite der Verbindung.

Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, so wird die Festigkeit der Verbindung durch unregelmässige Vertheilung der Spannung jedenfalls vermindert.

Noch mag eine mehr einleitende Bemerkung gemacht werden. Gegenstand von Versuchen mit ganzen Nietverbindungen ist die Bestimmung von zwei Spannungsgrenzen, nämlich der Zugfestigkeit der Bleche und der Scherfestigkeit der Nieten. Wenn diese für eine bestimmte Art der Vernietung bekannt sind, so ist die Anordnung der Verbindung nur mehr rein Sache der Rechnung. Bei vielen älteren Versuchsreihen wurde nur einer dieser Grenzwerte bestimmt, so dass eine von den nothwendigen Constanten unbestimmt blieb. Nun wird keine dieser Spannungsgrenzen für eine gegebene Verbindung durch kleine Aenderungen der Niettheilung oder des Nietdurchmessers in bemerkenswerther Weise alterirt. Es sollten deshalb alle Verbindungen paarweise hergestellt werden, eine mit der Bestimmung durch Zerreißen, die andere durch Abscheren nachzugeben; der Ueberschuss an Scherwiderstand in dem einen und an Zugfestigkeit in dem anderen Falle wird die zu bestimmenden Spannungen nur unmerklich beeinflussen.

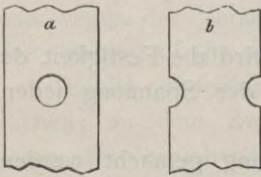
Bevor jedoch ganze Nietverbindungen irgend welcher Form angeordnet werden können, muss erst eine Antwort auf ein oder zwei



Vorfragen gefunden werden; und es müssen Versuche mit Bezug auf diese selbstverständlich den Versuchen mit ganzen Verbindungen vorausgehen.

Einfluss der Lochungsart der Bleche auf deren Zugfestigkeit. Aus einer grossen Zahl von Versuchen ergibt sich ein beträchtlicher Festigkeitsverlust für gestanzte Bleche und nur ein kleiner Verlust (zuweilen ein kleiner Gewinn) für gebohrte Bleche. Diese Versuche sind so zahlreich, dass die Subcommission eine Wiederholung derselben für unnöthig halten mag; in einer Hinsicht jedoch sind dieselben unvollständig gewesen. Gewöhnlich wurde ein schmaler Blechstreifen hergenommen, ein einzelnes Loch eingestanzt oder gebohrt und derselbe sodann in der Prüfungsmaschine zerrissen. Wahrscheinlich ist nun die Wirkung des Locheisens sehr verschieden bei einem schmalen Streifen dieser Art, bei welchem ein seitliches Ausweichen möglich ist, und bei einem breiten Streifen mit einer Reihe von Löchern längs des Randes. Sodann ist es keineswegs sicher, dass die Festigkeit eines Probestückes, wie *a* in Fig. 3, die gleiche sei, wie

Fig. 3.



die eines Streifens *b* mit gleichem effectivem Querschnitt. Bedenkt man die starke Deformation, welche bei zähem (tough) Material bei Annäherung des Bruches eintritt, so wird in diesen beiden Fällen eine merklich verschiedenartige Spannungsvertheilung wahrscheinlich wegen der verschiedenen Nachgiebigkeit gegen seitliche Contraction. Wenn

daher die Subcommission es der Mühe werth hält, auch über diesen Punkt noch Versuche anzustellen, so sollten die Versuchsstücke als Theile einer langen Verbindung hergestellt werden. Um sicher zu gehen, müssten die Versuchsstücke

1. aus einer Blechtafel geschnitten werden, in welche vorher eine Reihe von Löchern gebohrt oder gestanzte wurden, in Abständen von einander, welche der Niettheilung entsprechen;

2. das Ausschneiden müsste so geschehen, dass ein halbes Loch in jeder Langseite des Probestückes verbliebe.

In Fig. 4 sind eine Reihe solcher Versuchsstücke gezeichnet. Wenn die Blechdicke  $\frac{1}{4}$  Zoll und  $\frac{3}{8}$  Zoll beträgt, so sind die Bruchquerschnitte die nachstehenden, und die Bruchbelastung beträgt 30 Tonnen auf den Quadrat Zoll.

Vielleicht ist eine Wiederholung dieser Versuche mit Löchern, die im Verhältniss zur Blechstärke wachsen, zu empfehlen.





Stauchung und Verbiegung. Ohne eine getrennte und scharfe Bestimmung jeder einzelnen Schwächungsursache für die Blechfestigkeit wird die Festsetzung aller derselben unsicher sein.

Einfluss des Stauchdruckes auf die Zugfestigkeit der Bleche. Die Frage, ob die Stauchwirkung der Niete in den Lochleibungen die Festigkeit der Nietverbindungen in bedenklicher Weise vermindere, sobald die Intensität des Stauchdruckes eine bestimmte Grenze überschreitet, ist noch nicht in befriedigender Weise gelöst worden. Die Intensität des Stauchdruckes wächst mit dem Verhältniss des Nietbolzen-Durchmessers zur Blechstärke; es ist deshalb nur nothwendig, zur Prüfung dieser Frage eine Anzahl von Verbindungen mit einer bestimmten Dicke der Bleche und mit verschiedenen grossen Nietdurchmessern herzustellen. Die Fläche des Zug- und Scherquerschnittes sollten dabei eigentlich nahezu gleich sein, so wie es bei den Verbindungen in der Praxis der Fall ist; da sodann durch die Stauchwirkung sowohl die Festigkeit der Bleche wie der Niete selbst beeinflusst werden kann, so müssten zwei Gruppen von Verbindungen vorbereitet werden, bei deren einer ein Ueberschuss an Scherwiderstand, bei der anderen ein solcher an Widerstand gegen das Zerreißen vorhanden wäre.

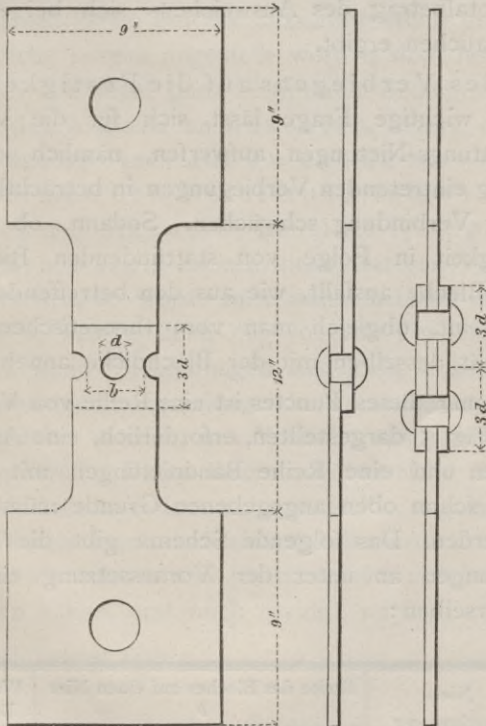
Da die Vertheilung der zwischen Niete und Blech stattfindenden Pressung verschiedenartig sein wird, je nach der Art der Vernietung, so möchte es am besten sein, eine Reihe von Ueberblattungs-Nietungen (lap joints) herzustellen, bei welchen eine besonders grosse Ungleichmässigkeit der Kraftvertheilung besteht, sodann eine Reihe von Bandnietungen (butt joints) mit doppelter Deckplatte, welche die gleichmässigste Vertheilung besitzen, welche bei Nietverbindungen noch möglich ist. Als eine wichtige Bedingung für die Versuche über Stauchwirkungen muss die bezeichnet werden, dass alle Nietlöcher gebohrt werden sollten; denn in diesem Falle lässt sich die Weite derselben mit Sicherheit angeben. Bei gestanzten Löchern würden die Versuche viel grober und weniger exact sein.

Die folgende Tabelle mit Dimensionen in Zollen (in Uebereinstimmung mit Fig. 5) stellt ein Schema für die Versuche mit Verbindungen aus  $\frac{3}{8}$  Zoll starken Blechen vor. Es sind vier Reihen von Versuchsstücken: 1. Ueberblattungs-Nietungen, welche durch Zerreißen zum Bruch kommen sollen; 2. ebensolche, durch Abscheren brechend; 3. Bandnietungen, bei welchen der Bruch durch Zerreißen, und 4. solche, bei welchen derselbe durch Abscheren erfolgen soll:

Blechdicke $t$	Niet- durchmesser $d$	Verhältniss *) $\frac{f_c}{f_s}$	Breite d. Bleches auf einen Niet $b$		Wahrscheinliche Bruchbelastung Tonnen
			Zerreisungs- stücke	Abscherungs- stücke	
$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	0·78	0·50	0·75	2·6
«	$\frac{1}{2}$	1·08	0·82	1·00	4·8
«	$\frac{3}{4}$	1·56	1·50	2·00	10·6
«	$\frac{7}{8}$	1·85	1·80	2·375	14·4
«	1	2·15	2·25	3·125	19·2
«	$1\frac{1}{8}$	2·45	2·50	4·000	24·0

\*)  $f_c$  = Stauchspannung (crushing stress),  $f_s$  = Scherspannung (shearing stress).

Fig. 5.



Deckplatten so dick wie das Blech.

Da die mit diesen Versuchen behandelte Frage in der That wichtig ist, so möchte eine Wiederholung derselben mit Verbindungen, welche die doppelte Blechbreite und zwei Niete besitzen (with joints of double the width and having two rivets), empfehlenswerth sein. Das Schema für dieselben wäre dann folgendes:



$t$	$d$	$\frac{f_c}{f_s}$	Blechbreite für zwei Niete $b$		Wahrscheinliche Bruchbelastung
			Zerreissungs- stücke	Abscherungs- stücke	Tonnen
$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	0·78	1·00	1·50	5·2
«	$\frac{1}{2}$	1·08	1·64	2·00	9·6
«	$\frac{3}{4}$	1·56	3·00	4·00	21·2
«	$\frac{7}{8}$	1·85	3·60	4·75	28·8
«	1	2·15	4·50	6·25	38·4

Es wäre auch nützlich, bei diesen Versuchen vor Beginn der Belastung eine Linie quer über von Rand zu Rand der Bleche zu ziehen und zu versuchen, ob nicht auf diese Weise der Punkt bestimmt werden könnte, wo das Nachgeben des Bleches seinen Anfang nimmt, sowie welcher Totalbetrag des Ausweichens sich bei dem allmähig erfolgenden Verstauchen ergibt.

Einfluss des Verbiegens auf die Festigkeit der Verbindung. Eine wichtige Frage lässt sich für die Versuche mit starken Ueberblattungs-Nietungen aufwerfen, nämlich ob nicht die unter der Belastung eintretenden Verbiegungen in beträchtlichem Masse die Festigkeit der Verbindung schwächen. Sodann, ob nicht dieser Verlust an Festigkeit in Folge von stattfindenden Biegungen viel grösser für dicke Bleche ausfällt, wie aus den betreffenden Versuchen hervorzugehen scheint, obgleich man vom theoretischen Standpunkt eine Proportionalität desselben mit der Blechdicke annehmen möchte.

Zur Erforschung dieses Punktes ist eine Reihe von Verbindungen, genau wie die in Fig. 5 dargestellten, erforderlich, eine Anzahl Ueberblattungs-Nietungen und eine Reihe Bandnietungen mit zwei Stossplatten. Aus dem schon oben angegebenen Grunde müssen die Nietlöcher gebohrt werden. Das folgende Schema gibt die Dimensionen für diese Verbindungen an unter der Voraussetzung eines einzigen Nietes in jeder derselben:

Blechdicke $t$	Niet- durchmesser $d$	Breite des Bleches auf einen Niet $b$		Wahrscheinliche Bruchbelastung
		Zerreissungs- stücke	Abscherungs- stücke	Tonnen
		Zoll	Zoll	
$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	$1\frac{3}{8}$	3	7·2
$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	10·6
$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{2}$	2	12·5
$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{5}{8}$	$2\frac{1}{8}$	19·0

Eine ähnliche Reihe von Verbindungen mit je zwei Nieten würde die folgenden Dimensionen erhalten:

$t$	$d$	Breite des Bleches auf zwei Nieten		Wahrscheinliche Bruchbelastung Tonnen
		Zerreissungsstücke	Abscherungsstücke	
$\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}$	Zoll $2\frac{3}{4}$	Zoll 6	14·4
$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{4}$	3	4	21·2
$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	3	4	25·0
$\frac{3}{4}$	I	$3\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{4}$	38·0

Durch obige Vorschläge hat der Berichterstatter Versuche anzuordnen gesucht, welche sich alle auf ganz bestimmt gestellte Fragen beziehen. Denn es ist bei der ausserordentlich grossen Zahl von Versuchen, welche bereits angestellt worden sind, fast nutzlos, neue unter verwickelten und nicht ganz bestimmten Bedingungen zu unternehmen. Es ist jedoch wohl zu beachten, dass dies nur vorläufige Versuche sind, auf welche andere mit den gewöhnlichen Formen der Vernietung folgen sollten, die mit Rücksicht auf die zuerst bestimmten Spannungsgrenzen anzuordnen wären. Sollten diese letzteren Versuche einmal unternommen werden, so würde man wahrscheinlich eine Prüfungsmaschine nöthig haben, welche einen Zug von 100 Tonnen gewährt, unter allen Umständen, wenn Verbindungen aus Stahl in Betracht kämen.

Bei den hier vorgeschlagenen Versuchen sollte, wenn sie überhaupt ausgeführt werden, mit Vorsicht vorgegangen werden, insofern jede Versuchsreihe Daten liefern wird, welche Anhaltspunkte für die richtigen Verhältnisse der nächsten Reihe abgeben. Die oben angegebenen Dimensionen sind einfach als erste Annäherungswerthe zu betrachten; sie müssen von jenen, welche sich mit den Versuchen zu beschäftigen haben, erst noch revidirt werden.

Den 28. October 1879.

W. C. Unwin,

Berichterstatter.











S. 61





WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

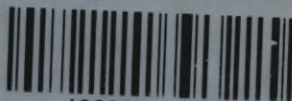
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. inw.

7535

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000299472