Dauerfestigkeit der Niet- und Schweissverbindungen

Autor(en): **Graf, Otto**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **1 (1932)**

PDF erstellt am: **27.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-717

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

DAUERFESTIGKEIT DER NIET- UND SCHWEISSVERBINDUNGEN

DURABILITÉ DES JOINTS RIVÉS ET SOUDÉS

FATIGUE-STRENGTH OF RIVETED AND WELDED JOINTS

OTTO GRAF,
Professor an der Technischen Hochschule, Stuttgart.

Die Anstrengung eines Werkstoffs im Dienst, also die zulässige Anstrengung eines Werkstoffs in Bau- oder Maschinenelementen in dem Zustand und mit der Formgebung, die den jeweiligen technisch-wissenschaftlichen Bedingungen der Konstruktionselemente entspricht, darf im Grenzfall die Belastung erreichen, welche unter den obwaltenden Verhältnissen die Zerstörung eben noch nicht herbeiführt [1]). Dieser Grenzwert ist durch Versuche und Beobachtungen — im Bauwerk und in der Versuchsanstalt — zu ermitteln. Die Konstrukteure von Bauwerken und Maschinen oder die Ingenieure, welche Richtlinien für Konstruktionen bearbeiten und zu verantworten haben, müssen überdies von Fall zu Fall erwägen, ob und inwieweit der bei Versuchen eintretende Grenzwert benutzt werden darf. Zwischen der versuchsmäßig ermittelten oberen Grenze der zulässigen Anstrengung und der vom Konstrukteur zu benutzenden ist ein Unterschied erforderlich, weil u. a. auf Unvollkommenheiten der Ausführung der Konstruktionselemente, auf Abweichungen der Werkstoffeigenschaften gleicher Benennung, aber verschiedener Herkunft, Behandlung, Abmessung u. s. f., auf zusätzliche Spannungen, die beim Einbau wachgerufen werden, auf Veränderungen, die beim Gebrauch, z. B. durch Abnützung, Korrosion u. dgl. entstehen, u. s. f., mehr oder minder Rücksicht zu nehmen ist [2]). Andererseits sind die Versuchszahlen an die Bedingung gebunden, daß sie unter Verhältnissen zu ermitteln sind, die den praktischen, auf die sie übertragen werden sollen, hinreichend entsprechen.

Will man zuverlässige Unterlagen für die Nutzbarmachung der Werkstoffe gewinnen, so ist nach dem Gesagten in erster Linie die Ermittlung der oberen Grenze der zulässigen Anstrengung durch den Versuch nötig [3]). Solche

---

[1]) Vergl. dazu u. a. Graf, Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente, Elastizität und Festigkeit von Stahl, Stahlguß, Gußeisen, Nichteisenmetall, Stein, Beton, Holz und Glas bei oftmaliger Belastung und Entlastung, sowie bei ruhender Belastung. Verlag Julius Springer, Berlin 1929.

[2]) Bei Erörterungen über die Grenze der zulässigen Anstrengung der Werkstoffe muß vorausgesetzt werden, daß die äußeren Kräfte bekannt sind. Die zulässige Anstrengung, die der Konstrukteur wählt, ist zwar abhängig von dem Grad der Zuverlässigkeit der Voraussetzungen über die Größe der äußeren Kräfte. Doch führt die Erörterung des Einflusses der Erkenntnisse über die wirklichen und über die üblichen Belastungen zu einer weiteren Aufgabe, die hier nicht zu besprechen ist; sie ist besonders zu behandeln.

[3]) Vergl. Bericht über die II. Internationale Tagung für Brückenbau und Hochbau, Wien 1928, S. 245, ferner Graf, Dauerfestigkeit von Stählen mit Walzhaut, ohne und mit Bohrung, von Niet- und Schweißverbindungen, VDI-Verlag, 1931, Berlin, S. 1.

Untersuchungen von Konstruktionselementen hat erstmals Wöhler systematisch aufgenommen. Lange Zeit blieb die von ihm eingeleitete Arbeit ohne wesentliche Fortsetzung; spezielle Untersuchungen mit Konstruktionselementen für das Bauwesen wurden erst vor wenigen Jahren begonnen [4]).

Die bisher vorliegenden Ergebnisse solcher Untersuchungen erstrecken sich für den Bereich, auf den sich das vorliegende Referat erstrecken soll (Stahlbau),

a) auf die vergleichende Ermittlung der Leistungsfähigkeit verschiedener Stähle in Stäben mit Walzhaut und Bohrung, sowie in Nietverbindungen,

b) auf die Dauerfestigkeit der Nietverbindungen, bei denen die Zuganstrengung σ, der Lochleibungsdruck σ_l und die Schubanstrengung τ der Niete mit den üblichen Abstufungen wirken oder in andern Verhältnissen gewählt sind, um zu erfahren, ob u. a. die üblichen Verhältniszahlen $\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 2{,}5 ; 0{,}8$ zweckmäßig sind oder geändert werden können,

c) auf die Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen üblicher Ausführungsart, sowie von solchen, welche zu besserer Gestaltung der Schweißverbindungen beitragen sollen.

Bevor jedoch auf die wichtigsten Ergebnisse dieser Versuche eingegangen wird, sind einige allgemeine Feststellungen vorauszuschicken, die zum Teil aus neuerer Zeit stammen, zum Teil schon lange bekannt und bei der Auswertung von Versuchsergebnissen wesentlich sind, wenn auch häufig unbeachtet bleiben.

Bei dauernd ruhender Last und bei Anstrengungen, die zum kleineren Teil oftmals wiederkehren, zum größeren Teil ruhend wirken [5]), ist bei den heute üblichen Baustählen die Fließgrenze maßgebend, obwohl die Dauerfestigkeit höher liegt, weil die Formänderungen, die mit Überschreiten der Fließgrenze einsetzen, einen Zustand herbeiführen, der unzulässig ist.

Ist der Anteil der wechselnden Anstrengung an der Gesamtanstrengung bedeutend (z. B. bei Nietverbindungen aus Baustahl rd. $\frac{1}{2}$ oder mehr) und ist die Zahl der Lastwechsel während des Gebrauchs des Konstruktionselements groß, so bleibt die Dauerfestigkeit der Konstruktionselemente aus Baustahl oft unter der Fließgrenze.

Die Dauerfestigkeit ist bekanntlich außerdem wesentlich abhängig von der Art der Beanspruchung; sie wird am kleinsten beim Wechsel zwischen gleich großen Zug- und Druckbelastungen [6]) [7]).

---

[4]) Vergl. das in Fußbemerkung 1 bezeichnete Buch, S. 4. u. f., sowie Graf, Dauerfestigkeit von Stählen mit Walzhaut, ohne und mit Bohrung, von Niet- und Schweißverbindungen, VDI-Verlag, Berlin 1931, auch Stahlbau 1931, S. 258 u. f., ferner Schaechterle, Bautechnik 1928, S. 81 u. f. und Stahlbau 1930, S. 277 u. f.

[5]) Der Anteil der wechselnden Anstrengung an der zulässigen Anstrengung darf bei gewöhnlichem weichem Baustahl größer sein als bei Stahl höherer Festigkeit. Vergl. Graf, Maschinenbau, 1931, S. 84 u. f., sowie Graf, Dauerfestigkeit von Stählen mit Walzhaut, ohne und mit Bohrung u. s. f. VDI-Verlag, 1931, Berlin, S. 17 bis 19.

[6]) Für das Bauwesen am wichtigsten sind die Dauerfestigkeiten von Elementen aus Stahl und Holz bei wechselnder Zugbeanspruchung, von Holz-, Beton und Eisenbetonelementen auch bei wechselnder Druckbelastung, von Stahl-, Holz- und Eisenbetonelementen auch bei wechselnder Biegebelastung, je ohne und mit ruhender Vorlast verschiedener Höhe.

[7]) Ist bei Druckgliedern aus Stahl oder gewalztem Leichtmetall die Knickung maßgebend, so ändert sich die Widerstandsfähigkeit gegen oftmals wiederholte Druckbelastung anscheinend nicht erheblich, weil hier die Elastizität des Werkstoffes bestimmend ist und weil sich diese durch oftmalige Druckbelastung in den bei Knickstäben üblichen Beanspruchungsgrenzen nicht wesentlich ändert.

Beispielsweise fand sich die Dauerfestigkeit einer einreihigen Nietverbindung

a) bei oftmaligem Wechsel ($n = 350$/min) zwischen einer oberen Zugbelastung und einer ruhenden Last von 50 kg/cm² zu $D_{zu} = 2100$ kg/cm²,

b) bei oftmaligem Wechsel wie bei a, jedoch mit einer ruhenden Grundlast gleich $^2/_3$ der oberen Lastgrenze $D_z{}^2/_3 = 2400$ kg/cm².

Bei fortschreitend steigender einmaliger Belastung ist $\sigma = 3540$ kg/cm² erreicht worden.

Ebenso wichtig ist der Umstand, daß die Anstrengung, welche noch nicht zum Bruch führt, abhängt von der Zahl der Belastungswechsel, die das Konstruktionselement überhaupt erfährt. In Abb. 1 ist diese Abhängigkeit der Dauerfestigkeit von der Zahl der Wiederholungen der Last für eine dreireihige Nietverbindung wiedergegeben [8]).

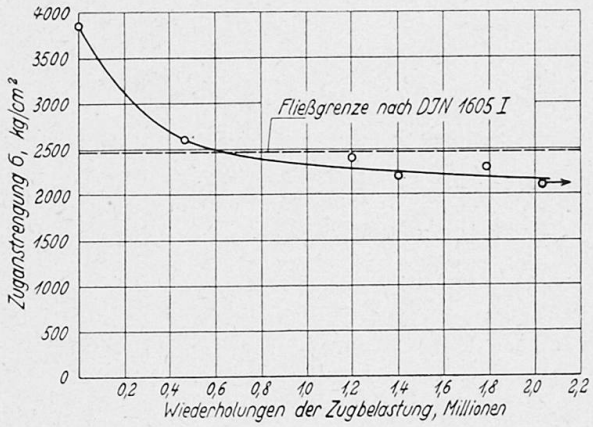

Fig. 1.

Zuganstrengung — Effort de traction — Tensile stress.

Wiederholungen der Zugbelastung, Millionen — Nombre d'alternances des efforts de traction, en millions — Number of reitereitions of tensile stress, in millions.

Fließgrenze — Limite d'écoulement — Limit of flow.

Ist hiernach zu erwarten, daß die Höchstlast während der zu erwartenden Gebrauchsdauer bis rd. 600 000 mal vorkommt, so bleibt bei unserem Beispiel die Fließgrenze maßgebend; erst bei öfterem Lastwechsel sind Festigkeiten maßgebend, die unter der Fließgrenze liegen. Wenn bekannt ist, daß das Konstruktionselement mindestens 2 Millionen Lastwechseln widerstehen soll, so darf die Anstrengung höchstens rd. 2100 kg/cm² betragen. Wie für die Höchstlast ist auch für andere Laststufen zu verfahren. Wenn z. B. die Nietverbindung nur einigemal bis zur Höchstlast, sehr oft aber z. B. bis $2 \cdot 10^6$mal, mit einer Last beansprucht wird, die das 0,8 fache der Höchstlast beträgt, so wird nach Abb. 1 die oftmals wiederkehrende kleinere Last entscheidend [9]) [10]).

1. Vergleichende Prüfung der Leistungsfähigkeit der Stähle zu Nietverbindungen, die oftmals wiederkehrender Anstrengung ausgesetzt werden.

Der Berichter hat vorgeschlagen, die Dauerfestigkeit der Stähle zu Nietverbindungen an gebohrten Stäben zu ermitteln, u. a. weil solche Versuche

[8]) Einzelheiten in Graf, Dauerfestigkeit von Stählen mit Walzhaut, ohne und mit Bohrung, von Niet- und Schweißverbindungen, VDI-Verlag 1931, S. 27.

[9]) Über die Bedeutung von Überschreitungen solcher Lasten vergl. u. a. Graf, Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente, Verlag Julius Springer, Berlin 1929, S. 40 u. f.

[10]) Auf den Einfluß von oftmals wiederkehrenden Anstrengungen, die unter der Dauerfestigkeit liegen, auf den Einfluß der Geschwindigkeit und des Zeitabstandes der Lastwechsel kann hier nicht eingegangen werden; diese Einflüsse erscheinen bei dem heutigen Stand der Erkenntnisse von untergeordneter Bedeutung.

oft zu einer anderen Beurteilung der Stähle führen als Dauerversuche mit nicht gebohrten Stäben oder als Versuche mit Stäben ohne Walzhaut[11]). Das Verhältnis der Ursprungsfestigkeit D_{zu} zur gewöhnlichen Zugfestigkeit K_z ist mit gebohrten Flächstäben[12])

für St. 37 (9 Stähle) zu 0,43 bis 0,53,

für St. 52 (8 Stähle) zu 0,28 bis 0,41 festgestellt worden;

für andere Baustähle (8 Stähle) fand sich die Verhältniszahl zu 0,32 bis 0,44.

Entsprechend diesen Verhältniszahlen ergab sich, daß die Ursprungsfestigkeit von Stählen höherer Festigkeit nicht immer größer ist als die Ursprungsfestigkeit D_{zu} der Stähle St. 37.

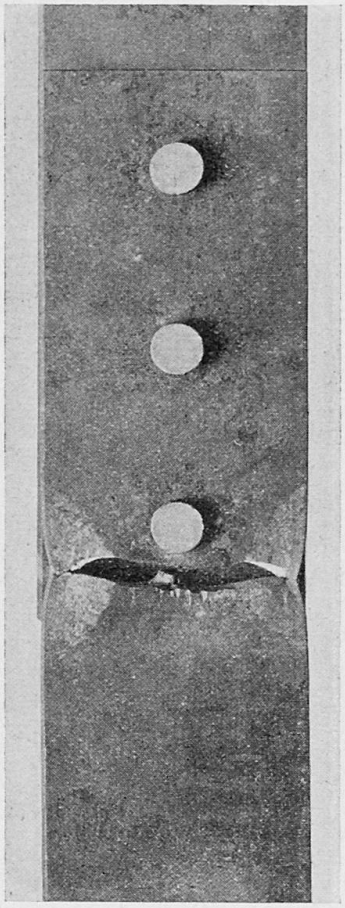

Fig. 2.

Dreireihige Nietverbindung mit hochwertigem Reibungsschluß nach 1786400 Lastwechseln zwischen $\sigma_e = 50$ und 2270 kg/cm². (Nietköpfe abgehobelt; eine Lasche beseitigt.)

Triple rivure à très forte adhérance, après 1786400 alternances d'effort entre $\sigma_e = 50$ et 2270 kg/cm². (Les têtes des rivets sont rabotées; un couvre-joint est enlevé.)

Three row riveted joint with high grade friction after 1786400 reversals of stress between $\sigma_e = 50$ and 2270 kg/cm². (Rivet heads planed off; one strap removed.)

Die Überlegenheit der Stähle mit hoher Festigkeit trat erst wesentlich hervor, wenn hohe ruhende Grundlasten wirkten, also der Anteil der wechselnden Belastungen an der Gesamtlast zurücktrat.

2. Dauerfestigkeit von Nietverbindungen[13]).

Die Übertragung der Belastung erfolgt in Nietverbindungen zunächst durch die Reibung, welche die Klemmkraft der Nieten hervorruft und dann außerdem durch die Nieten, welche auf Biegung beansprucht werden.

---

[11]) Vergl. die in Fußbemerkung 8 bezeichnete Schrift, S. 11 u. f.

[12]) Über die Abmessungen der Stäbe und über die Herstellung der Bohrungen vergl. unter 8), S. 15 und 16.

[13]) Über Versuche für die Deutsche Reichsbahn und den Deutschen Stahlbauverband vergl. Schaechterle, Bautechnik 1928, S. 81 u. f., sowie Stahlbau 1930, S. 277 u. f.; über einen Teil der eigenen Versuche siehe unter 8).

In sachgemäß hergestellten Nietverbindungen aus St. 37 mit Nieten aus St. 34 ist bei starker Nietbesetzung ($\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 1{,}4 : 0{,}5$) die Reibung so groß ausgefallen, daß die Zerstörung durch oftmals wiederkehrende Zuganstrengungen außerhalb des ersten Nietlochs erfolgte, wie das Beispiel in Abb. 2 zeigt.

Mit abnehmender Nietbesetzung tritt der Anteil der Reibung an der Kraftübertragung zurück, so daß noch unterhalb der Dauerfestigkeit, in gewöhnlichen Konstruktionen auch unterhalb der üblichen zulässigen Anstrengung Verschiebungen auftreten, bis die Nieten an den Lochleibungen der Bleche und Laschen anliegen und dort mit der äußeren Last wachsende Pressungen, schließlich auch Verdrückungen hervorrufen.

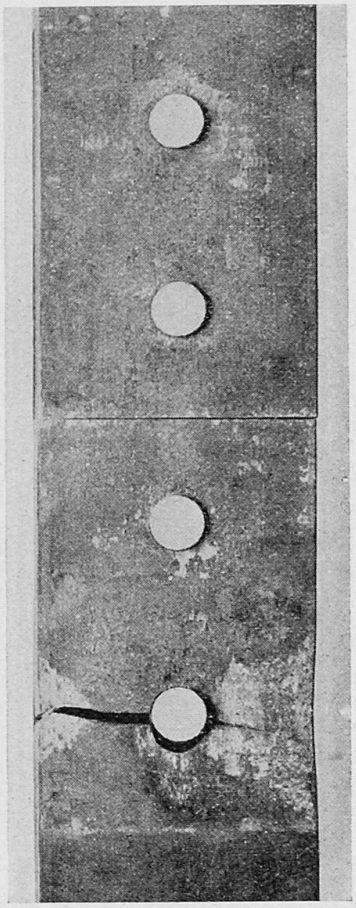

Fig. 3.

Zweireihige Nietverbindung nach 576900 Lastwechseln zwischen $\sigma_e = 50$ und 1990 kg/cm². (Nietköpfe abgehobelt; eine Lasche beseitigt.)

Double rivure après 576900 alternances d'effort entre $\sigma_e = 50$ et 1990 kg/cm². (Les têtes de rivet sont rabotées; l'un des couvre-joints est enlevé.)

Two-row riveted joint after 576900 reversals of stress between $\sigma_e = 50$ and 1990 kg/cm². (Rivet heads planes off, one strap removed.)

Bei Nietverbindungen aus gewöhnlichem Baustahl, die mit dem Verhältnis der zulässigen Spannungen ($\sigma : \sigma_l : \tau = 1 : 2 : 0{,}8$ oder $1 : 2{,}5 ; 0{,}8$) dimensioniert sind, beginnt der Bruch am Lochrand nach Abb. 3. Maßgebend ist die Zugspannung des Blechs am Lochrand, die hervorgerufen wird durch die Zugbelastung des Blechs und durch die Pressung des Nietschafts auf die Lochwand. Demgemäß ist auch das Verhältnis $\sigma : \sigma_l$ von Bedeutung; das Verhältnis $\sigma : \tau$ hat noch besonderen Einfluß, wie an anderer Stelle ausführlicher dargelegt wird.

Die Vorgänge, welche sich bei starker Beanspruchung der Nieten einstellen, sind aus Abb. 4 zu erkennen. Wir sehen hier bei *aa* und *bb* Verdrückungen im Hauptblech, bei *cc* und *dd* solche in den Laschen. Die Nieten sind verbogen und in der Mitte sowie unter den Nietköpfen gebrochen. In solchen Fällen zeigen die Nieten im Bruchquerschnitt ein Aussehen, wie es

bei oftmaliger Überanstrengung auftritt und als Dauerbruch bezeichnet wird, vergl. Abb. 5. Entsprechend dem zu Abb. 2 bis 5 Gesagten ist die Dauerzugfestigkeit der Nietverbindung nach Abb. 2 in Bezug auf die Ausnützung des Blechs unter den gewählten Fällen am günstigsten ausgefallen. Das Verhältnis der Ursprungszugfestigkeit dieser Nietverbindung zu der Ursprungszugfestigkeit eines gebohrten Stabs betrug 1,1. Bei der Nietverbindung nach Abb. 3 ging dieses Verhältnis auf rund 1,0 zurück. Bei weiteren Versuchen, in denen nur das Verhältnis $\sigma : \tau$ geändert wurde, unter Beibehaltung

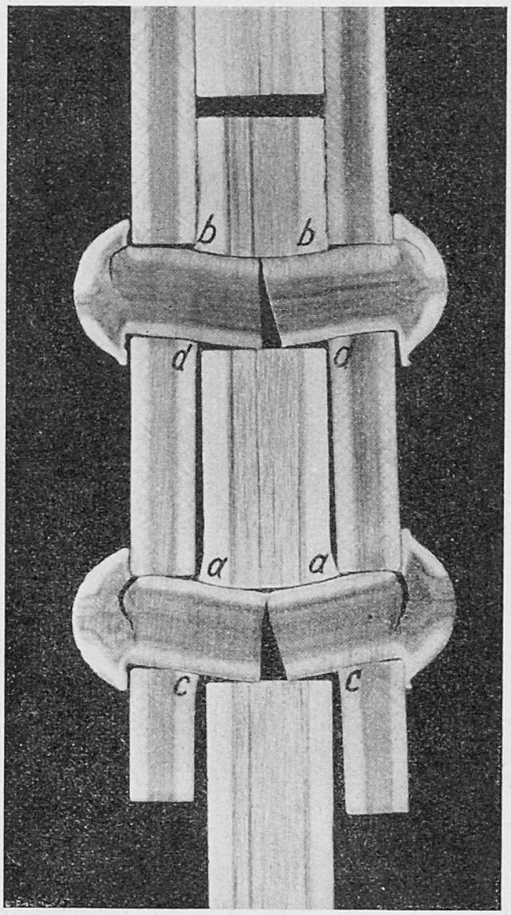

Fig. 4.

Zweireihige Nietverbindung nach 22 228 Lastwechseln zwischen

$\sigma_e = 10$ nnd 2140 kg/cm², bezw.
$\sigma_l = 20$ und 2890 kg/cm², und
$\tau = 20$ und 2500 kg/cm².

Double rivure après 22 228 alternances d'efforts entre

$\sigma_e = 10$ et 2140 kg/cm²
$\sigma_l = 20$ et 2890 kg/cm²
$\tau = 20$ et 2500 kg/cm².

Two-row riveted joint after 22 228 reversals of stress between

$\sigma_e = 10$ and 2140 kg/cm², or
$\sigma_l = 20$ and 2890 kg/cm², and
$\tau = 20$ and 2500 kg/cm².

von $\sigma : \sigma_l = 1 : 2{,}5$, nahm die Ursprungszugfestigkeit der Nietverbindung im Verhältnis zur Ursprungszugfestigkeit gebohrter Stäbe gemäß Abb. 6 ab. Daß eine solche Abhängigkeit besteht, war zu erwarten; es handelt sich um die Nachprüfung, ob die heute üblichen Verhältniszahlen $\sigma : \sigma_l : \tau$ zweckmäßig sind. Bis jetzt scheint es, daß τ auf etwa $0{,}9\,\sigma$ bis σ erhöht werden kann, wenn σ_l bis höchstens $2{,}5\,\sigma$ reicht.

Die bisherigen Darlegungen gelten bei Verwendung von Blechen und Profileisen aus St. 37 und Nieten aus St. 34. Bei Verwendung von Stählen höherer Festigkeit ist zunächst das unter a) Gesagte zu beachten, wonach beispielsweise die Ursprungszugfestigkeit für Stähle höherer Festigkeit nicht immer größer zu erwarten ist als bei St. 37. Auch ist bekannt, daß Nietverbindungen aus solchen Stählen bei Verwendung von Nietmaterial höherer Festigkeit besondere Aufmerksamkeit bei der Verarbeitung verlangen, damit in den Nieten ausreichend hohe Klemmkräfte entstehen. Weiter sei wiederholt hervorgehoben, daß Stähle höherer Festigkeit in der Regel dann ange-

zeigt erscheinen, wenn der Anteil der wechselnden Anstrengung an der Gesamtanstrengung kleiner ist als der Anteil der ruhenden Anstrengung.

3. Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen.

Die derzeitigen Richtlinien für die Gestaltung von Schweißverbindungen in Baukonstruktionen, im Kranbau und im Behälterbau beruhen auf Feststellungen durch gewöhnliche Bruchversuche. Systematische Untersuchungen

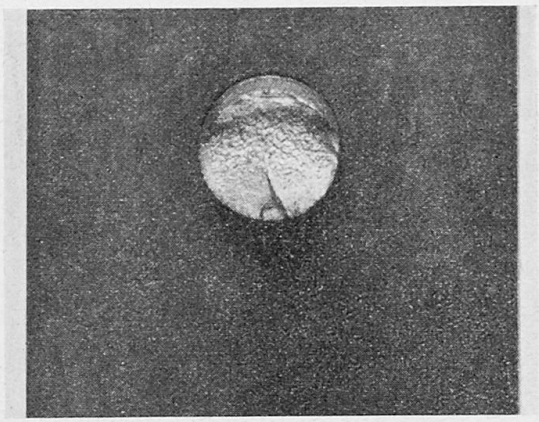

Fig. 5.

Bruchquerschnitt einer Niete nach oftmaliger Belastung und Entlastung der Nietverbindung.

Cassure d'un rivet après de nombreuses alternances d'effort sur le joint rivé.

Cross section of rupture of a rivet after repeated stressing of the riveted joint.

über das Verhalten von Schweißverbindungen bei oftmals wiederkehrender Belastung sind erst in jüngster Zeit aufgenommen worden. Über die ersten Feststellungen ist in der unter Fußbemerkung 8 genannten Schrift, Seite 38

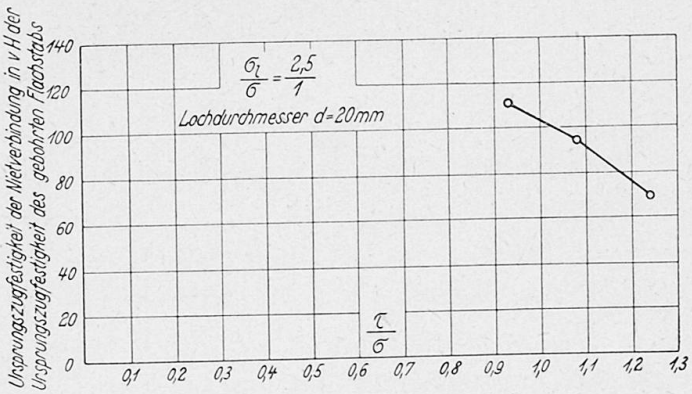

Fig. 6.

Lochdurchmesser.

Diamètre des trous de rivet.

Diametre of hole.

Ursprungsfestigkeit der Nietverbindung in Prozent der Ursprungsfestigkeit des gebohrten Flachstabes. — Résistance initiale de l'assemplage rivé en pour-cent de la résistance initiale du fer plat foré. — Primary strength of riveted connection in per cent of primary strength of bored plate bar.

u. f., berichtet. Weitere Versuchsarbeiten sind inzwischen an mehreren Stellen in Gang gekommen.

Wenn die Kraftübertragung in den heute meist angewandten Schweißverbindungen näher verfolgt wird, dann ergibt sich, daß an den Eingangsstellen hohe Spannungsschwellen zu erwarten sind. So nimmt ein Flachstab, der nach Abb. 7 mit seitlichen Kehlnähten angeschlossen ist, seine Gesamtkraft über die Schweißraupen an den Rändern auf unter wiederholter Änderung der Richtung der Dichte und der Verteilung des Kraftflusses. Infolgedessen erfolgt der Bruch nach Abb. 8. Es zeigte sich, daß Stäbe nach Abb. 7 bei Ursprungsbelastung durch Zugkräfte eine weit kleinere Widerstands-

fähigkeit aufweisen als dies von den Konstrukteuren vorausgesetzt wird. Es fand sich die Ursprungsfestigkeit D_{zu} bei Verbindungen nach Abb. 7 bei normengemäßer Raupenlänge mit elektrischer Verschmelzung herunter bis rund 800 kg/cm², mit Gasverschmelzung herunter bis rund 1400 kg/cm². Wesentlich ist dabei, daß nicht die Widerstandsfähigkeit der Schweißraupe maßgebend war, wie nach den üblichen Rechnungen vorausgesetzt wird, sondern die Widerstandsfähigkeit des angeschlossenen Stabs mit dem zugehörigen Schweißmaterial am Eingang der Verbindung, wie das Beispiel in Abb. 8 ohne weiteres angibt.

Wesentlich besser als Kehlanschlüsse erwiesen sich Stumpfnähte, weil hierbei der Kraftfluß weit günstiger ist, wenn er auch durch die Unregel-

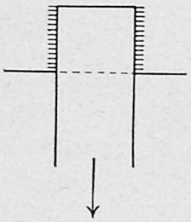

Fig. 7.

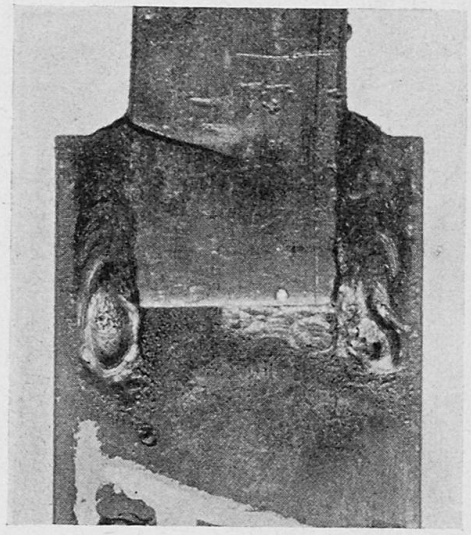

Fig. 8.

mäßigkeiten der Schweißraupe noch gestört ist. Mit Stumpfnähten fand sich die Ursprungsfestigkeit bis jetzt

bei elektrischer Verschmelzung zu D_{zu} = 1000 bis 1500 kg/cm²,
bei Gasverschmelzung zu D_{zu} = 1500 bis 1600 kg/cm².

Bei allen bis jetzt geprüften Schmelzverbindungen war die Widerstandsfähigkeit beim gewöhnlichen Zugversuch durchaus befriedigend.

Solche Feststellungen zeigen mit aller Schärfe, daß Schweißverbindungen in Konstruktionen, die stark wechselnden Belastungen unterworfen sind, in der jetzt üblichen Gestaltung eine geringere Lastwechselzahl unter der vorgesehenen Anstrengung ertragen als bis jetzt vorausgesetzt wird und daß demgemäß der konstruktiven Entwicklung der Schweißverbindungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen ist. Wir haben deshalb gemeinsam mit Herrn Reichsbahnoberrat Dr. Ing. SCHÄCHTERLE systematische Untersuchungen vorgeschlagen, welche zum Ziele haben, Stabanschlüsse zu schaffen, mit denen das Material gut ausgenutzt werden kann. Die Vorschläge haben im Kreis des zuständigen Fachausschusses (Vorsitzender Reichsbahndirektor Dr. Ing. e. h. Schaper) Zustimmung erfahren, sind durch neue Anregungen erweitert und inzwischen in Arbeit genommen worden. Es handelt sich dabei um die Anordnung von Laschen verschiedener Gestalt bei Stumpfnähten, um die Verwendung von Schlitzschweißungen in breiten Stäben, um besondere Maß-

nahmen für die allmähliche Einleitung der Stabkräfte in die Knotenbleche u. s. f.

Bei Biegeversuchen, die schon früher ausgeführt wurden, fand sich, daß unterbrochene Schweißnähte beispielsweise zur Verbindung des Stegs und der Flanschen oder zur Verstärkung der Trägergurte durch Laschen gegenüber stark wechselnden Belastungen unzweckmäßig sind, vergl. Abb. 9.

Schließlich sei hier noch kurz aufmerksam gemacht, daß die Vereinigung von Nietung und Schweißung, also z. B. die sogenannte Verstärkung

Fig. 9.
Risse *r* im Flansch auf der Zugseite eines Trägers. Verstärkungslasche durch unterbrochene Schweißnaht befestigt.
Fentes *r* dans l'aile d'une poutrelle, côté en tension. Eclisse de renforcement ficée par soudure interrompue.
Cracks *r* in the flange on the tension side of a beam. Strengthening strap fixed by séparate welds.

von Nietverbindungen durch Schweißen nicht immer zu der gewünschten Addition der Widerstandsfähigkeit der beiden Verbindungen führen kann, u. a. weil die Nietverbindungen an sich nachgiebiger sind als die Schweißverbindungen; wenn die wechselnden Belastungen maßgebend sind, kann die Verschmelzung der Laschen mit den Hauptblechen eine Schwächung der Verbindung bringen[14]).

Zusammenfassung.

Nach Darlegung der versuchstechnischen Bedingungen für die Ermittlung der höchstmöglichen zulässigen Anstrengung wird auf die Ergebnisse neuerer Versuche über die Leistungsfähigkeit verschiedener Baustähle, auf Versuche über die Dauerfestigkeit von Nietverbindungen und auf Versuche über die Dauerfestigkeit von Schweißverbindungen eingegangen. Bei den Nietverbindungen wird insbesondere hervorgehoben, wie der Ausnützungsgrad der Dauerfestigkeit des Stahl von dem Verhältnis $\sigma : \sigma_l : \tau$ abhängt. Bei der Untersuchung der Schweißverbindungen ergab sich, daß ihre konstruktive Entwicklung zu pflegen ist.

Résumé.

Après établissement des conditions techniques d'essai pour la détermination des efforts maxima admissibles, on expose les résultats d'essais plus récents sur la résistance de différents aciers de construction, d'expériences sur la fatigue des assemblages par rivetage et des assemblages par soudure. En ce qui concerne l'assemblage rivé, l'auteur signale spécialement le fait

[14]) Vergl. u. a. in der unter Fußbemerkung 8) genannten Schrift, S. 38, Abb. 79.

que le coefficient d'utilisation de l'acier dépend du rapport $\sigma : \sigma_l : \tau$. Des recherches relatives aux assemblages par soudure, il ressort que la construction doit être surveillée de près.

Summary.

After laying down the technical conditions for determining the highest permissible stressing, the results are discussed of recent tests on the strength of various structural steels, of tests on the fatigue strength of riveted and welded joints. In the case of riveted joints, it is particularly pointed out how the degree to which the fatigue strength of the steel can be utilised depends on the relation $\sigma : \sigma_l : \tau$. Investigations on welded joints showed that great care should be paid to their design.