

Zeitschrift: IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH
Kongressbericht

Band: 6 (1960)

Artikel: Generalbericht

Autor: Dubas, Pierre

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-7030>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Generalbericht

a) Schweißung

Einfluß der Längsspannungen auf Kehlnähte

Dieses Problem wurde in zwei interessanten Beiträgen behandelt. H. LOUIS beschreibt Biegeversuche an geschweißten Versuchsträgern mit Kehlnähten in Stegmitte und beim Übergang vom Steg zur Gurtplatte. Die Nähte an den Gurtplatten, welche durch Längs- und Schubspannungen beansprucht werden, sind immer vor den Stegnähten, welche praktisch nur auf Schub arbeiten, gebrochen.

Der neue Beitrag von F. FALTUS ergänzt in glücklicher Weise seine im «Vorbericht» erschienene Abhandlung. Er beschreibt zusätzliche, mit großer Sorgfalt durchgeführte Versuche an überlappt geschweißten Prüfstücken.

Die Untersuchungen von FALTUS und LOUIS zeigen eindeutig, daß die Längsspannungen die Scherfestigkeit der Kehlnähte wesentlich vermindern. Qualitativ scheint das Problem somit gelöst zu sein; hingegen bleibt die Frage, wie dieser Einfluß rechnerisch erfaßt werden kann, noch unbeantwortet, oder anders gesagt, es bleibt noch offen, nach welcher Formel die Vergleichsspannung zu bestimmen ist. Zwar ergeben die neuen, von FALTUS vorgelegten Meßergebnisse eine gute Übereinstimmung mit den auf Grund der Theorie der konstanten Gestaltänderungsarbeit berechneten Werten, aber LOUIS weist darauf hin, daß die Verteilung der Längsspannungen auf die Breite der Prüfstücke keineswegs gleichmäßig ist, wie dies in der Berechnung angenommen wurde. Um einen endgültigen Entscheid treffen zu können, wäre es angebracht, den Spannungszustand der Schweißnähte durch Messungen zu bestimmen.

Allerdings bleibt zu bemerken, daß die Wahl der Formel für die Vergleichsspannung im allgemeinen nur geringen Einfluß auf die Dimensionierung der Schweißnähte und damit auf die Wirtschaftlichkeit der Konstruktion hat.

Sprödbrüche

Obwohl dieses Problem am Kongreß selbst nicht behandelt wurde, möchten wir wegen seiner großen Bedeutung doch kurz darauf zurückkommen.

Was wissen wir heute über die Sprödbrüchigkeit der Stähle? Wohl kennen wir äußerst zahlreiche Resultate von Versuchen mit gekerbten Prüfstäben, wie Kerbschlagproben und anderen mehr oder weniger ähnlichen Prüfstücken. Aber ein genügend klares Bild über das Verhalten geschweißter Bauwerke — oder anders gesagt, über das Verhalten der Stähle unter Bedingungen, wie sie

in den fertigen Bauwerken herrschen — fehlt uns bis heute. Und obwohl schon zahlreiche Theorien aufgestellt worden sind, wissen wir herzlich wenig über die eigentlichen Ursachen des Sprödbruches und über seine Gesetze.

Der Praktiker allerdings betrachtet das Sprödbruchproblem unter einem engeren Gesichtswinkel: Es handelt sich für ihn vor allem darum, die für ein Bauwerk unter gegebenen Bedingungen nötige Stahlgüte festzusetzen.

Die Metallurgie hat in den letzten Jahren bemerkenswerte Fortschritte gemacht, und der Verbraucher verfügt heute in jeder Baustahl-Sorte über verschiedene Güteklassen, welche sich durch den Grad ihrer Sprödbruchunempfindlichkeit unterscheiden. Als Kriterium zur Klasseneinteilung dienen normalerweise Kerbschlagversuche von wachsender Strenge, und dieses Prinzip wurde auch in verschiedenen Normen festgelegt, welche in jüngster Zeit in Kraft getreten sind. Obschon in dieser Hinsicht gegenüber dem noch vor wenigen Jahren herrschenden Zustand ein merklicher Fortschritt zu verzeichnen ist, muß man sich doch fragen, ob eine Klasseneinteilung der Stähle befriedigen kann, die nur nach Kerbschlagzähigkeiten abgestuft ist, besonders wenn die entsprechenden Proben aus Material entnommen werden, welches durch keine Schweißung beeinflusst wurde. Bekanntlich können andere Materialeigenschaften als die Kerbschlagzähigkeit — direkt oder indirekt — eine ebenso große Rolle spielen, und zusätzliche Materialversuche werden oftmals nötig sein, besonders im Bereich der Schweißung und der Übergangszone.

Selbst wenn man annimmt, daß die Stähle eindeutig nach ihrer Kerbschlagzähigkeit klassifiziert werden können und daß ein eindeutiger Zusammenhang bestehe zwischen dem so eingeteilten Stahl und seiner Sprödbruchneigung im fertigen Bauwerk, wäre es nötig, diesen Zusammenhang genau festzusetzen, um wirklich die Materialauswahl unter Kenntnis aller Einflüsse treffen zu können. Da uns die theoretischen Grundlagen fehlen, müssen wir experimentelle Methoden zu Hilfe nehmen, um die verschiedenen Einflüsse *quantitativ* festzulegen. Es bleibt daher zu hoffen, daß die Forschung auf diesem Gebiet in Zukunft intensiver betrieben werde. Dabei soll uns allerdings bewußt sein, daß die in einem gegebenen Fall nötige Materialgüte niemals quasi mathematisch bestimmt werden kann und daß die genaue Auswahl — innerhalb gewisser Grenzen — immer Sache des Ingenieurs und seiner Erfahrung bleiben wird.

Qualität und Kontrolle der geschweißten Konstruktionen

FALTUS bringt in seinem Beitrag einige Ergänzungen zu den im «Vorbbericht» erschienenen Abhandlungen und bestätigt die darin gemachten Folgerungen. Die Wichtigkeit und absolute Notwendigkeit der schweißgerechten Gestaltung, der sorgfältigen Vorbereitung und einer umfassenden Kontrolle geschweißter Bauwerke scheint somit allgemein anerkannt zu sein und es

wäre nur noch zu untersuchen, wie weit diesen Forderungen in der Praxis Rechnung getragen wird. In dieser Hinsicht können wir uns einer gewissen Skepsis nicht erwehren und glauben, daß hier noch viel zu verbessern bleibt.

Wir haben im «Vorbericht» die Frage aufgeworfen, ob die Größe der zulässigen Spannungen nicht vom Umfang der Kontrollen abhängig gemacht werden sollte, oder anders ausgedrückt, wie die bei der Ausführung angewendete Sorgfalt bei der Dimensionierung berücksichtigt werden soll. Im Kesselbau ist es zum Beispiel üblich, die Schweißnahtkoeffizienten vom Umfang der Röntgenkontrolle, von der Wärmebehandlung usw. abhängig zu machen. Es wäre interessant, die Stellungnahme der Fachleute aus den verschiedenen in unserer Vereinigung vertretenen Ländern zu kennen.

b) Hochfeste, vorgespannte Schrauben

Im «Vorbericht» haben wir versucht, einen allgemeinen Überblick über die bei der Verwendung hochfester Schrauben auftretenden Probleme zu geben; wir beschränken uns daher im folgenden auf die Darstellung gewisser wichtiger Einzelheiten, welche am Kongreß behandelt wurden.

Vorerst seien die Anschlüsse mit auf Abscheren beanspruchten Schrauben behandelt, bei welchen also die *Anschlußkräfte senkrecht zur Schraubenachse* auftreten.

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Wirkungsweise dieser Anschlüsse zu beurteilen, d. h. diese Anschlüsse zu berechnen bzw. ihre Sicherheit abzuschätzen. Die erste Methode basiert auf der Annahme, daß die Scherkraft ausschließlich durch *Reibung* übertragen werde, wobei letztere durch ein starkes Zusammenpressen der Kontaktflächen erzeugt wird. Klemmkraft und Reibung bilden also die Grundlagen zur Berechnung, und die Sicherheit der Verbindung wird definiert als Verhältnis der Kraft, die das Gleiten bewirkt, zur angeschlossenen Kraft. Die zulässige Kraft pro Schraube ist somit das Produkt aus Klemmkraft (Vorspannkraft der Schraube) und Reibungskoeffizient dividiert durch einen entsprechenden Sicherheitsfaktor.

Für dynamisch beanspruchte Anschlüsse und solche Anschlüsse, bei welchen wesentliche Verschiebungen aus anderen Gründen unzulässig sind, kommt einzig diese Berechnungsmethode in Frage.

Für statische Beanspruchung hingegen bildet eine Verschiebung im Anschluß nicht die Grenze der Tragfähigkeit; nach dem Rutschen liegen die Schraubenschäfte an und sind alsdann auf Abscheren und Lochleibung beansprucht, wie die Nieten oder Schrauben eines klassischen Anschlusses. Die Bruchlast ist wesentlich größer als die Gleitlast und sie ist praktisch unabhängig von der Klemmkraft der Schrauben und vom Reibungskoeffizienten. Die Berechnungsmethode ist in diesem Fall also dieselbe wie für Anschlüsse mit Nieten und gewöhnlichen Schrauben; hingegen ist die zulässige Bean-

spruchung der Schrauben auf Abscheren infolge der höheren Materialfestigkeit wesentlich größer.

Diese Unterscheidung in 2 Anschlußtypen — "*friction type*" und "*bearing type*" — ist in der neuen amerikanischen Norm für HV-Schrauben festgelegt. B. THÜRLIMANN beschreibt in seinem Beitrag die an der Lehigh-University angestellten Versuche, welche zum Teil die Grundlagen für diese neue Norm bildeten.

Auf dem europäischen Kontinent scheint man bis jetzt zurückhaltender zu sein und den möglichen Belastungszuwachs zwischen Gleit- und Bruchlast eher als willkommene Vergrößerung der Sicherheitsmarge zu betrachten, wobei unter Umständen der Sicherheitsfaktor gegen Gleiten für statische Lasten etwas kleiner angesetzt wird.

Um die beiden Ansichten besser zu verstehen, sei auf die Analogie hingewiesen, welche zwischen dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm des einfachen Zugversuches mit normalem Baustahl einerseits und dem Diagramm der relativen Verschiebungen unter langsam wachsender Last bei einem HV-Anschluß andererseits besteht. Dem elastischen Bereich des Zugversuches entspricht beim HV-Anschluß der Bereich, in welchem die gesamte Kraft auf Reibung übertragen wird; der Fließgrenze entspricht die Gleitgrenze und dem Verfestigungsbereich der Tragbereich nach erfolgter Verschiebung (siehe Fig. 5 und 6 im Beitrag von B. THÜRLIMANN). Die amerikanische Methode zur Berechnung der HV-Anschlüsse entspricht in ihrem Prinzip somit der Auffassung, den Sicherheitsfaktor gegenüber der Bruchgrenze und nicht gegenüber der Fließgrenze, die oft wegen den großen Formänderungen im Fließbereich herangezogen wird, festzulegen.

Die grundlegende Differenz zwischen der amerikanischen und der bis heute in Europa üblichen Methode besteht übrigens nicht in der Bestimmung der Sicherheit. Ein Vergleich der zulässigen Schraubenkräfte zeigt nämlich, daß zum Beispiel die amerikanischen Werte nur unbedeutend von jenen der deutschen Norm abweichen. Der Unterschied besteht vielmehr in den sehr verschiedenen Ansprüchen, die an die *Oberflächenbeschaffenheit der Kontaktflächen* und damit an den Reibungskoeffizienten gestellt werden.

In den Vereinigten Staaten mißt man der Reibung bei auf Abscheren und Lochleibung berechneten Anschlüssen nur geringe Bedeutung bei; sogar für Reibungsverbindungen beschränkt man sich darauf, Anstrich oder Verzinkung zu untersagen. In Europa dagegen verlangen die bestehenden Normen Sand- oder Flammstrahlen der Kontaktflächen, um einen hohen und gleichmäßigen Reibungskoeffizienten zu gewährleisten.

Es ist nicht im Sinne dieses Berichtes, über diese Frage zu entscheiden. Die zukünftigen Erfahrungen werden zeigen, ob die europäischen Vorschriften für die gleitfesten Anschlüsse zu streng sind oder ob es nicht einfacher und billiger ist, gewöhnliche Schrauben zu verwenden, falls man auf die Vorteile einer gleitfesten Verbindung bewußt verzichtet.

Schon im «Vorbericht» ist die große Steifigkeit der HV-Anschlüsse erwähnt worden:

Die Verformbarkeit einer HV-Verschraubung ist wesentlich kleiner als jene einer Nietverbindung und die Kraftverteilung in einer HV-Schraubenreihe ist alles andere als gleichmäßig. Ein gewisser Ausgleich kann nur durch kleine relative Verschiebungen zwischen den Schrauben entstehen.

Im «Vorbericht» wurde die Frage aufgeworfen, welches der Einfluß dieser kleinen Verschiebungen auf die *Ermüdungsfestigkeit* der HV-Anschlüsse sei, ein Problem, welches nun im Beitrag von H. BEER behandelt wird. Österreichische Versuche mit oft wiederholten Schwellbelastungen, wobei die Oberlast nahe an der Gleitgrenze lag, ergaben weder schrittweise Verschiebungen noch einen zunehmenden Abfall der Widerstandsfähigkeit. Da die Versuche mit Pulsatoren und sehr raschen Lastwechseln ausgeführt worden sind, könnte man sich vorstellen, daß das Resultat weniger günstig ausfallen würde, falls die Lastwechsel langsamer vorgenommen würden. Die Mikroverzahnung, welche nach H. BEER den Kraftschluß zwischen den Kontaktflächen sichert, könnte bei Ermüdung brechen, was zu einer Verminderung des Reibungskoeffizienten führen würde. Natürlich ist dies nur eine Hypothese und es erscheint dringend nötig, unsere Kenntnisse über den *Mechanismus der Reibung* zu erweitern.

Betrachten wir nun kurz die Anschlüsse, bei welchen die äußeren Kräfte *parallel zu den Schraubenachsen* angreifen, d. h. Anschlüsse, welche auf Zug oder Biegung beansprucht sind. Die Beiträge von H. BEER und O. STEINHARDT bringen hiezu wesentlich Neues. Es handelt sich dabei vor allem um Untersuchungen an auf Biegung beanspruchten Anschlüssen, welche durch mit HV-Schrauben verbundene Stirnplatten gebildet werden. Da die Schrauben stark vorgespannt werden, sind diese Verbindungen viel weniger verformungsfähig als ähnliche Anschlüsse mit gewöhnlichen Schrauben, welche man statisch gemeinhin als gelenkig annimmt. Die Verwendung von HV-Schrauben führt zu einer Einspannung, die aber — wie O. STEINHARDT zeigt — nicht vollständig ist. In die Berechnung muß daher ein «Federwert» eingeführt werden, welcher die Verformbarkeit des auf Biegung beanspruchten Anschlusses ausdrückt¹⁾. Man kann sich fragen, ob die immer mehr aufkommende Montageschweißung diese halbsteifen Anschlüsse nicht mehr und mehr verdrängen wird, zugunsten von absolut steifen geschweißten Stößen.

Betrachten wir zum Schluß noch die sogenannte “*turn of the nut*”-Methode. Bekanntlich besteht diese darin, den Schraubenschaft so zu dehnen, daß die Vorspannungen die Elastizitätsgrenze überschreiten, aber — wegen der plastischen Eigenschaften des Stahls — wesentlich unter der Bruchgrenze bleiben. Dieses Verfahren ist hauptsächlich in den Vereinigten Staaten gebräuchlich,

¹⁾ Es handelt sich somit um «halbsteife» Anschlüsse, wie sie in genieteteter Ausführung im Artikel von L. C. MAUGH (Thema III) beschrieben sind.

wo pneumatische Schlüssel verwendet werden, welche sich zu einer genauen Ablesung des Anziehungsmomentes wenig eignen. Im Beitrag von BEER wird darauf hingewiesen, daß diese Methode sich nun auch in Europa einführt.

Wie wir schon im «Vorbericht» erwähnten, muß man sich hingegen doch fragen, ob man ohne weiteres eine so starke Vorspannung der HV-Schrauben zulassen darf. STEINHARDT weist in seinem Beitrag darauf hin, daß es sich in Deutschland als nötig erwies, die Pressung zwischen Schraubenkopf (oder Schraubenmutter), der Unterlagscheibe und dem Grundmaterial zu begrenzen, um ein allmähliches Abnehmen der Vorspannkraft zu verhindern. Es wird somit interessant sein zu sehen, wie sich auf die Länge die amerikanischen Verbindungen verhalten, welche teilweise nur 1 Unterlagscheibe pro Schraube aufweisen. Eine gewisse Vorsicht scheint uns auf diesem Gebiet angebracht, wenn man Enttäuschungen vermeiden will.

Wie dem aber auch sei, wir haben in den hochfesten Schrauben ein neues Verbindungsmittel, das sich bewährt hat, sofern es korrekt angewendet wird und welches die Reihe der klassischen Verbindungsmittel glücklich ergänzt.

General Report

a) Welding

Effect of Longitudinal Stresses in Fillet Welds

This problem is the subject of two interesting papers. In the first of these, Mr. LOUIS describes the bending tests carried out on built up girders assembled by means of fillet welds located, on the one hand, at mid-height of the web, and on the other hand, at the junctions of the web and the flanges. The flange welds, subjected to longitudinal stresses and to shearing stresses, are always the first to be disrupted, before the web welds which are, practically speaking, only subjected to shearing stresses.

With regard to the further contribution by Mr. FALTUS, it forms a most satisfactory supplement to his paper which appeared in the Preliminary Publication. In this paper the author describes some additional tests carried out with great care on test-pieces in which the ends were bevelled and lap-welded.

All the tests we have just mentioned prove quite clearly that the longitudinal stresses considerably reduce the shearing strength of fillet welds. The problem therefore appears to have been solved from the qualitative point of view; this is not the case, however, for the criterion to be applied in order to