

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 67 (1949)  
**Heft:** 34

**Artikel:** Festigkeit und Elastizität einer Brückenleitung  
**Autor:** Bux, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84122>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### 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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

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

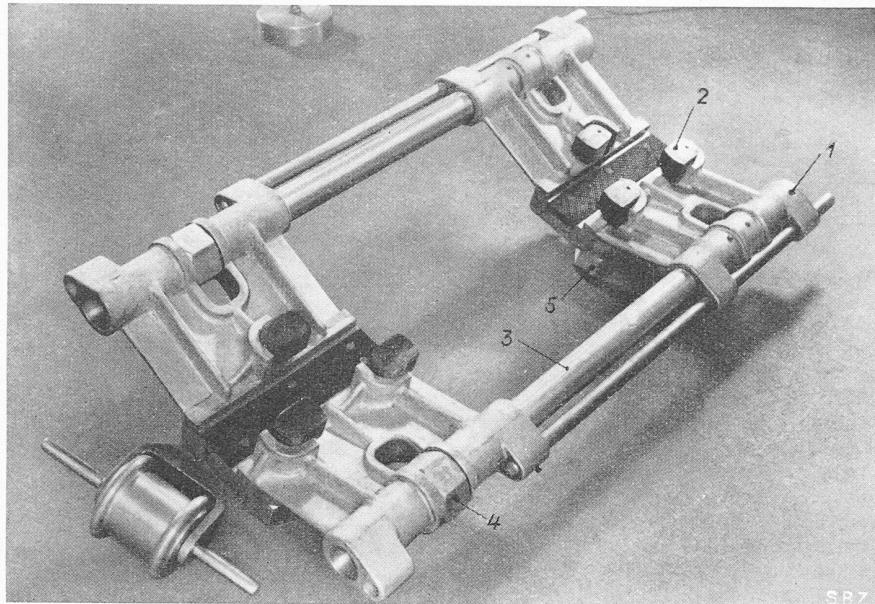


Bild 3. Leichtmetall-Stauchapparat, Ansicht von unten (Bezeichnungen im Text)

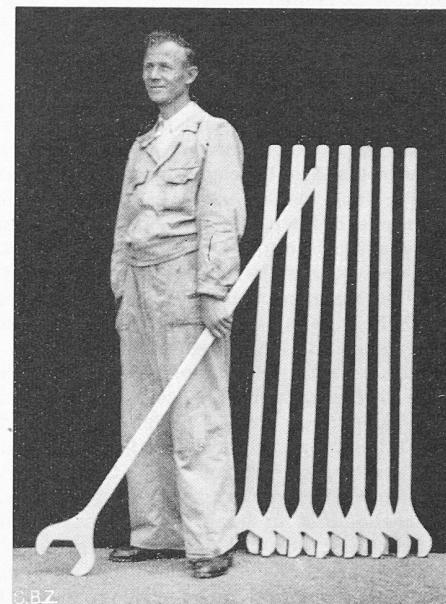


Bild 4. Grosse Gabelschlüssel in Leichtmetall

Jahren wurden Stauchapparate aus Stahl verwendet. Ihr Gewicht beträgt 140 kg für das kleine Modell (Vignolschienen) und 270 kg für das grosse Modell (Rillenschienen). Der Transport von einer Schweißstelle zur nächsten erfordert 2 bis 6 Mann pro Apparat. Das Gerät wird an zwei durch Aufhänge-Oesen gesteckte Stangen getragen. Die Beförderung eines derart schweren Stückes über Schwellen und Schotter ist mühsam und zeitraubend.

Im Bestreben, die Arbeit auf der Strecke nach Möglichkeit zu erleichtern, wurden erstmals im Jahre 1947 durch die Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft, Chippis, Stauchapparate aus Leichtmetall hergestellt. Das kleine Modell wiegt nur 72 kg; es kann von zwei Mann ohne Anstrengung über längere Strecken getragen werden. Zudem weist es auf der einen Seite eine Laufrolle, auf der Gegenseite zwei ausziehbare Leichtmetall-Griffe auf. Diese Hilfsmittel gestalten den Apparat ähnlich einem Stosskarren auf dem Gleis durch einen Mann fortzubewegen (Bild 1). Die Drehachse der Laufrolle bildet mit der Queraxe des Stauchapparates einen spitzen Winkel, so dass der den Apparat stossende Arbeiter unbehindert neben dem Gleis schreiten kann.

Mit Ausnahme der Hakenschrauben, die den Schienenkopf umklammern und aus Stahl hergestellt sind, bestehen alle wichtigen Teile des Apparates aus Leichtmetall (Bild 3). Die kräftigen Jochs 1, in denen die Hakenschrauben 2 und die Spannwellen 3 gelagert sind, werden in Leichtmetall-Speziallegierung gegossen und vergütet. Die Spannwellen selbst bestehen aus Leichtmetall-Pressprofil und sind ebenfalls vergütet. Die Muttern 4, mit denen der Stauchvorgang bewerkstelligt wird, weisen eine eingegossene Stahlbüchse auf, da sie auf den Leichtmetall-Spannwellen laufen. Dagegen erübrigten sich bei den Muttern 5, mit denen die Hakenbolzen festgezogen werden, der Einbau einer Stahlbüchse, da die Hakenbolzen aus Stahl hergestellt sind und die Leichtmetall-Muttern somit gegen Stahl laufen. Im mehrjährigen Gebrauch der Leichtmetall-Stauchapparate haben sich beide erwähnten Mutter-Bauarten bestens bewährt. Eine wesentliche Vergrösserung des Spiels zwischen Stauchmuttern und Joch trat nicht auf. Ebenso zeigen die Muttern 5 trotz Verwendung von eisernen Steckschlüsseln keinerlei anormalen Verschleiss; sie haben sich im Gegenteil besser gehalten, als die früher bei den Stahlapparaten verwendeten Bronze-Muttern.

Infolge der besseren Bearbeitbarkeit des Leichtmetalls gegenüber Stahlguss ergeben Leichtmetall-Stauchapparate geringere Gestehungskosten als Stahlgussapparate gleicher Grösse. Die ersten seit 1947 im Betrieb befindlichen Leichtmetall-Stauchapparate haben sich im rauen Streckenbetrieb so gut bewährt, dass nunmehr auch eine erste Serie grosser Stauchapparate für Rillenschienen in Leichtmetall hergestellt wurde. Bei diesen konnte das Gewicht von 270 kg auf 158 kg heruntergebracht werden. Infolge der grösseren Abmessungen

kommt hier die Ausführung mit Laufrolle nicht in Betracht. Dagegen wurden am grossen Stauchapparat beidseitig ausziehbare Leichtmetall-Griffe eingebaut, sodass er durch zwei Mann transportiert werden kann. Bild 2 zeigt eine der ersten Serien von grossen und kleinen Apparaten.

Das zu den Stauchapparaten gehörende Werkzeug setzt sich aus verschiedenen Gabel- und Steckschlüsseln zusammen. Als wichtigste unter ihnen sind die grossen Gabelschlüssel zu erwähnen, die über 1,5 m lang sind und in geschmiedetem Stahl 10 kg wiegen. Durch Ausführung in Leichtmetall (Bild 4) konnte dieses Gewicht auf die Hälfte reduziert werden. Als Werkstoff wurde die neue, hochfeste Aluminiumlegierung Perunal<sup>1)</sup> verwendet. Die ersten derartigen Schlüssel sind schon über ein Jahr bei den Schweissgruppen im Gebrauch und erfreuen sich grösster Beliebtheit. Gegenwärtig werden Anstrengungen gemacht, nach Möglichkeit alle schweren Streckenwerkzeuge aus Leichtmetall herzustellen.

Durch die Einführung von Leichtmetall-Stauchapparaten und Leichtmetall-Werkzeugen konnte die zur Ausführung einer Schweissung notwendige Zeit wesentlich verkürzt werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, weil der zum Schweissen nachts zur Verfügung stehende Zeitraum zwischen den Zügen sich meist auf wenige Arbeitsstunden beschränkt. Mit Hilfe der Leichtmetall-Schweissausstattung lassen sich die Verkehrspausen besser ausnützen und gleichzeitig für den Transport von einer Schweißstelle zur nächsten Hilfskräfte einsparen.

### Festigkeit und Elastizität einer Brückenleitung

Von Ing. E. BUX, Düsseldorf-Rath

DK 621.643.2:624.21

Im Innern der neuen Rheinbrücke Köln-Deutz<sup>2)</sup> werden die Gas- und Wasserleitungen zur Versorgung der beiden Städte über den Rhein geführt. Die Raumverhältnisse auf der Brücke sind außerordentlich beschränkt, sodass eine Wartung der Leitung während des Betriebes kaum möglich wäre. Schon das Einbringen der Rohre erforderte besondere Massnahmen. Die einzelnen Rohre wurden auf der Brücke rampe verschraubt und verschweisst; darnach hat man die Leitung nach und nach je um eine Rohrlänge in die Brücke hineingezogen.

Die Leitungen wurden von der Westdeutschen Mannesmannröhren AG. in Düsseldorf aus nahtlos gewalzten Mannesmannrohren von 521 mm Außendurchmesser, 11,5 mm Wandstärke und 16 bzw. 15 m Länge aus Material St. 35.29 hergestellt. Als Verbindungen wurden aufgeschraubte und verschweisste Bunde und lose Flanschen gewählt. Gedichtet wird die Wasserleitung durch die bestens bewährte Rundgummikammerdichtung. Die Gasleitung hat sorgfältig plangedrehte

<sup>1)</sup> Marke gesetzlich geschützt

<sup>2)</sup> SBZ 1948, Nr. 47, S. 652\*

Dichtungsflächen erhalten, die ohne Zwischenlage einer Dichtungsscheibe aneinander stoßen. Die Dichtung selbst wird bewirkt durch eine bei der Montage aufgebrachte Schweißnaht am Umfang der Bunde.

Die Flanschen sind berechnet als gelochte, randüberstehende, frei aufliegende, mit einer konzentrischen Ringlast belastete Scheiben unter Berücksichtigung einer reichlich bemessenen Montagespannung. Die Abmessungen sind so gewählt, dass bei einem Betriebsdruck von 10 atü — der tatsächliche Betriebsdruck liegt weit darunter — eine grösste Tangentialspannung von  $800 \text{ kg/cm}^2$  nicht überschritten wird. Bei einem Flanschenwerkstoff von St. 37.11 mit einer Mindestzugstreckgrenze von  $22 \text{ kg/mm}^2$  bedeutet dies eine 2,8fache Sicherheit gegen die Streckgrenze bzw. eine 4,6fache Sicherheit gegen die Zerreissfestigkeit.

Jede Leitung stellt ein doppelseitiges, vieraxiges, beiderseits fest eingespanntes Raum bogensystem von 557 m Länge dar. Allgemein ist es üblich, bei derartigen Systemen die durch Temperaturunterschiede bedingten Längenänderungen mittels Kompensatoren unschädlich zu machen. Im vorliegenden Falle konnten hierfür aus Raumgründen nur Stopfbüchsendehner in Frage kommen; solche Teile stellen aber schwache Stellen einer Rohrleitung dar. Zur Vermeidung von Undichtigkeiten verlangen sie eine besondere Wartung, was hier wiederum fast nicht möglich gewesen wäre. Es trat deshalb die Frage auf, ob es zu verantworten sei, auf den Einbau von Kompensatoren ganz zu verzichten und die Längenänderungen sich innerhalb des Systems auswirken zu lassen.

Raumbogensysteme sind an sich sehr elastisch. Immerhin handelt es sich hierbei um sehr grosse Rohre. Da ähnliche Ausführungen fehlten, entschloss sich der Röhrenlieferant, die mit einem erheblichen Aufwand verbundene Elastizitätsrechnung für diese Brückenleitung auszuführen.

Bei derartigen Raumbogensystemen werden durch die Wärmedehnung in jedem Querschnitt zwei Biegunsmomente und ein Drehmoment hervorgerufen, von denen die beiden Biegunsmomente zu einem resultierenden Moment zusammen gesetzt werden können. Unter Anwendung einer der bekannten Spannungshypothesen (in vorliegendem Falle diejenige von Huber-Henkey) wird hieraus eine Vergleichsspannung zur Beurteilung der Sicherheit berechnet (Bild 3). Die Wärmedehnungen lassen sich aus den Abmessungen des Systems mittels der Wärmedehnzahl bei angenommener Temperaturdifferenz leicht bestimmen.

Die Rechnung läuft somit im wesentlichen auf die Ermittlung der Biegungs- und Drehmomente in jedem Querschnitt hinaus. Sind die biegenden bzw. drehenden Kräfte nach Grösse, Richtung und Angriffspunkt bekannt, so ergeben sich ihre Kraftarme aus den Abmessungen des Systems. Für die Berechnung der Kräfte, von denen bekannt ist, dass sie bei beiderseits eingespannten Raumbogensystemen in einem hypothetischen Schwerpunkt angreifen, gibt es eine Anzahl mehr oder weniger zuverlässiger Verfahren, von denen sich zwei als besonders brauchbar erwiesen haben. Das erste ist die graphisch-analytische Methode der beiden Amerikaner Cuchon und Crocker, das andere die von J. v. Jürgenson entwickelte analytische Methode. Beide Verfahren müssen übereinstimmende Resultate ergeben, wodurch sie sich gegenseitig kontrollieren lassen.

Die Rechnung geht folgendermassen vor sich: Den einen Einspannpunkt  $a$  denkt man sich freigemacht und in den Ursprung eines in zweckmässige Lage gebrachten rechtwinkligen Ordinaten systems gelegt. Nunmehr werden aus den in die Koordinatenachsen fallenden Dehnungskomponenten die entsprechenden Kraftkomponenten bestimmt, die in dem schon erwähnten hypothetischen Schwerpunkt angreifen. Die vom physikalischen Schwerpunkt abweichende Lage ergibt sich aus der Beziehung

$$E = 1,3 G J_0 / J$$

wodurch sich für das dreiaxige Koordinatensystem drei hypothetische Schwerpunkte ergeben.

Aus den nachstehenden drei Grundgleichungen sind nunmehr die drei Kraftkomponenten  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  zu berechnen.  $J$  sind die in die drei Axen fallenden Dehnungskomponenten des freigemachten Leitungsendes.

$$E J A_x = A X + B Y + C Z$$

$$E J A_y = D X + E Y + F Z$$

$$E J A_z = G X + H Y + K Z$$

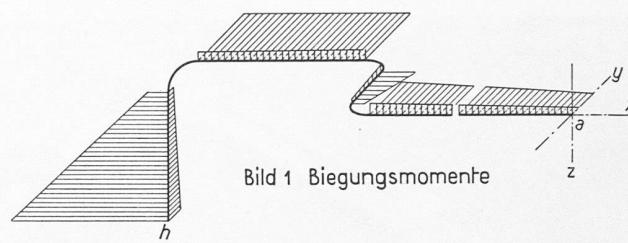


Bild 1 Biegunsmomente

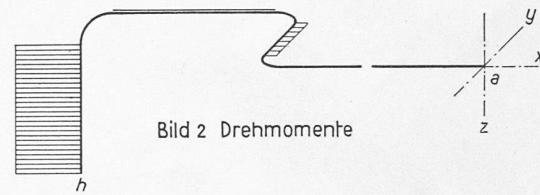


Bild 2 Drehmomente

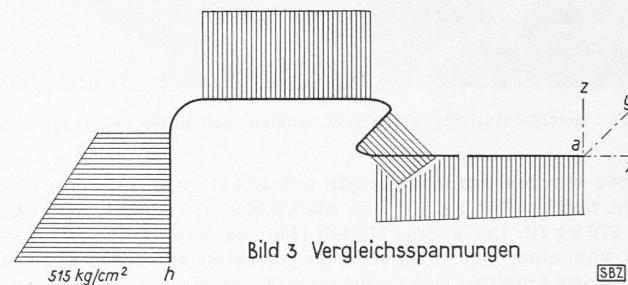


Bild 3 Vergleichsspannungen

SBZ

Die Koeffizienten  $A$  bis  $K$  haben den Charakter von Formfaktoren. Ihre Grösse ist abhängig von der geometrischen Form des Rohrsystems. Ihre Bestimmung macht den schwierigsten und umfangreichsten Anteil der Rechnung aus.

Die vom Verfasser durchgeföhrte aus rd. 750 Elementaraufgaben bestehende Rechnung führte zu folgendem Ergebnis: Der landseitige Einspannquerschnitt des Systems  $h$  ist der Höchstbeanspruchte. Für die ungünstigste Systemhälfte ergibt sich eine Vergleichsspannung von  $515 \text{ kg/cm}^2$ . Bei einer Mindestzugstreckgrenze von  $2200 \text{ kg/cm}^2$  ist eine 4,25fache Sicherheit vorhanden. Durch die von einer Temperaturdifferenz von  $\pm 35^\circ \text{C}$  verursachten Spannungen sind somit die Leitungen in keiner Weise gefährdet, weshalb auf den Einbau von Kompensatoren verzichtet wurde.

## MITTEILUNGEN

**Künstliche Belüftung des Lac de Bret.** Dieser ungefähr 5 Mio  $\text{m}^3$  Wasser fassende See liegt in Moränewellen eingebettet 1 km westlich des Dorfes Puidoux. Durch einen künstlich geschaffenen Zulauf erhält er Wasser aus dem Grenet, einem dem Rheinbassin zugehörigen Bach mit an der Fassungsstelle 20  $\text{km}^2$  grossem Einzugsgebiet. Die Stadt Lausanne bezieht jährlich etwa 6 Mio  $\text{m}^3$  Wasser aus dem Becken für ihre Wasserversorgung und nützt es auch zur Energieerzeugung für den Betrieb der Standseilbahnen von der Stadt zum Bahnhof und nach Ouchy und als Feuerlöschvorrat aus. Der normale Spiegel des 20 m tiefen Sees liegt auf 673,50 m ü. M. und weist eine Oberfläche von 40 ha auf. Bei den in den Jahren 1939 bis 1943 durchgeföhrten Seewasser-Untersuchungen wurde ein reichliches Auftreten von pflanzlichem Plankton festgestellt. Gleichzeitig zeigte sich eine starke Abnahme des Sauerstoffgehaltes mit zunehmender Wassertiefe bei gesteigertem Auftreten freier Kohlensäure, besonders im Sommer. Das dem See entnommene Wasser wies zudem einen hohen Eisengehalt auf, der sich in Form von Eisenhydroxyd in den Verteilungslinien ausschied. Für die Behebung dieser Ubelstände entschloss man sich nach eingehenden Studien, sauerstoffgesättigtes Wasser in den See einzuführen. Es wurde dafür eine Methode entwickelt, die ohne Veränderung der natürlichen thermischen Verhältnisse in erster Linie den Teil des Beckens regeneriert, in dem die Wasserentnahme stattfindet. Die Sauerstoffanreicherung erfolgt durch feinste Wasserzerstäubung in einem geschlossenen, von einem Frischluftstrom durchzogenen Raum. Das dem See entnommene «kranke» Wasser ( $120 \text{l/s}$ ) wird von einem Pumpenaggregat