

Besonderheiten von Bauwerken aus Leichtmetall

Autor(en): **Stüssi, F.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **5 (1956)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-6108>

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.

IV b 1

Besonderheiten von Bauwerken aus Leichtmetall

Particularidades das estruturas de ligas leves

Particularités des structures en alliage léger

Peculiarities of light alloy structures

PROF. DR. F. STÜSSI

E. T. H.

Zürich

Zwischen der Leichtmetallbauweise und dem Stahlbau bestehen einerseits weitgehende Analogien in bezug auf allgemeine Bauformen und Herstellungsverfahren, andererseits aber auch grundsätzliche Unterschiede, die in der Verschiedenheit von Eigenschaften und Verhalten des Baustoffes begründet sind. Auf einige dieser Unterschiede und ihre Auswirkungen auf Konstruktion und Bemessung von Leichtmetalltragwerken wird nachstehend hingewiesen.

Das Spannungsdehnungsdiagramm

Das Verhalten des Baustoffes unter einaxiger statischer Belastung ist durch das Spannungsdehnungsdiagramm charakterisiert. In Figur 1 sind diese Diagramme für normalen Baustahl St. 37 und eine Aluminiumlegierung der Gruppe Al-Cu-Mg mit gleicher Zugfestigkeit $\sigma_z = 3,7 \text{ t/cm}^2$ einander gegenübergestellt. Der für die Bemessung wesentliche Unterschied besteht darin, dass der Baustahl eine physikalisch ausgeprägte Fließgrenze σ_f besitzt, die Aluminiumlegierungen dagegen nicht. Ausgehend von der grossen Bedeutung, die die Fließgrenze für die Sicherheit von Stahltragwerken besitzt, hat man bei Aluminiumlegierungen eine konventionelle Fließgrenze einzuführen gesucht, die durch die Grösse der bleibenden Dehnung (0,1 % oder 0,2 %) festgelegt wird, und die zulässigen Beanspruchungen von dieser konventionellen Grösse, z. B. $\sigma_{0,2}$, aus bestimmt. Ich halte eine solche Regelung deshalb für gefährlich, weil sie die Sicherheit von Leichtmetalltragwerken im Vergleich zu Stahlbauten überschätzt.

Eine Sicherheit n , gegen Fließen bedeutet zunächst, dass bleibende Formänderungen im Tragwerk vermieden werden. Wesentlich ist aber, eine genügende Sicherheit gegen Bruch zu gewährleisten und hier liegt die wesentliche Bedeutung der Fließgrenze im Stahlbau: die Fließgrenze

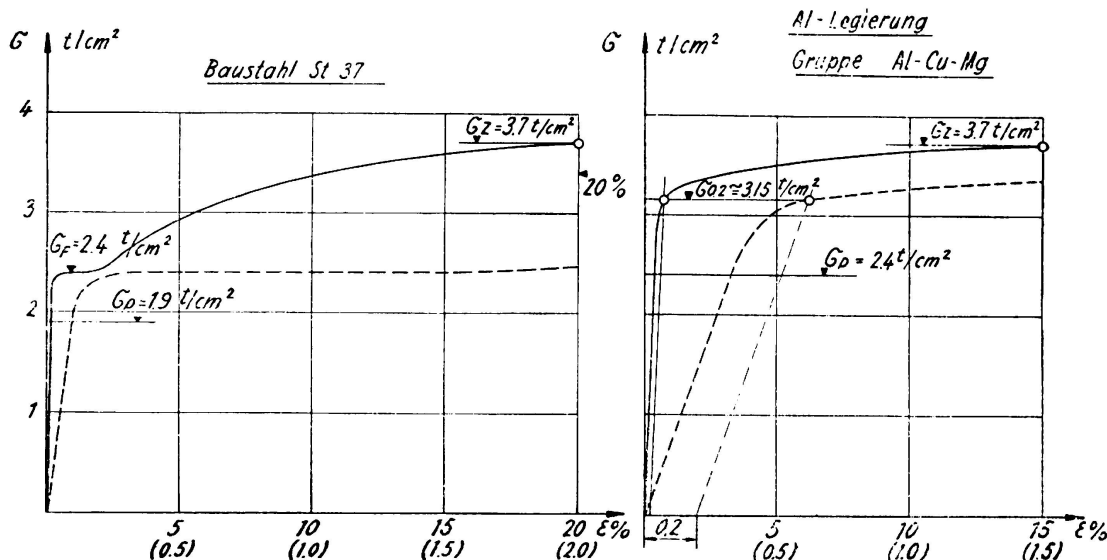


FIG. 1

bedeutet vor allem einen Schutz gegen örtliche Ueberbeanspruchungen vor Erreichen der Bruchgrenze. Diese Wirkung ist bei Leichtmetall mit der in Wirklichkeit nicht vorhandenen, sondern nur konventionellen Fließgrenze nicht vorhanden; die 0,2 % - Dehngrenze ist eben nicht eine physikalische Fließgrenze. Dazu kommt noch ein weiterer Unterschied: bei den Baustählen ist im Mittel

$$\sigma_F = \frac{2,4}{3,7} \cdot \sigma_Z \cong 0,65 \cdot \sigma_Z,$$

während bei den meisten für Bauzwecke verwendeten Aluminiumlegierungen das entsprechende Verhältnis etwa

$$\sigma_{0,2} \cong 0,85 \cdot \sigma_Z$$

beträgt. Um gleiche Sicherheit gegen Bruch zu gewährleisten, müsste somit die Sicherheit gegen Fließen bei Aluminiumlegierungen um mindestens

$$\left(\frac{0,85}{0,65} - 1 \right) \cdot 100 \cong 30\%$$

grösser gewählt werden als bei Stahl; ferner ist, im Sinne einer weiteren Erhöhung, das Fehlen der ausgleichenden Wirkung von σ_F , die normalerweise geringere Bruchdehnung sowie das Kriechen bei Aluminiumlegierungen zu beachten.

Ein zweiter Unterschied, der aus dem Spannungsdehnungsdiagramm der beiden Baustoffe ersichtlich ist, liegt im Wert des Elastizitätsmoduls

E, der für Stahl $E \cong 2100 \text{ t/cm}^2$, für Aluminiumlegierungen dagegen etwa $E \cong 700 \text{ t/cm}^2$ beträgt. Aluminiumtragwerke besitzen somit gegenüber Stahltragwerken gleicher Form rd. dreifache Durchbiegungen und sie sind deshalb entsprechend stärkeren dynamischen Wirkungen unterworfen. Dies bedeutet aber, dass schon bei der Wahl des Tragsystems und der Gliederung Unterschiede zwischen den beiden Bauweisen bestehen; bei Aluminium werden besonders Tragwerke mit kleiner Durchbiegung (durchlaufende Balken, Rahmen, Bogen, Fachwerkträger) zu wählen sein.

Besondere Bedeutung besitzt der niedrige Elastizitätsmodul von Aluminium gegenüber Stahl bei den Stabilitätsproblemen. Als Beispiel sind in Figur 2 die Knickspannungslinien σ_{kr} für die beiden Spannungs-

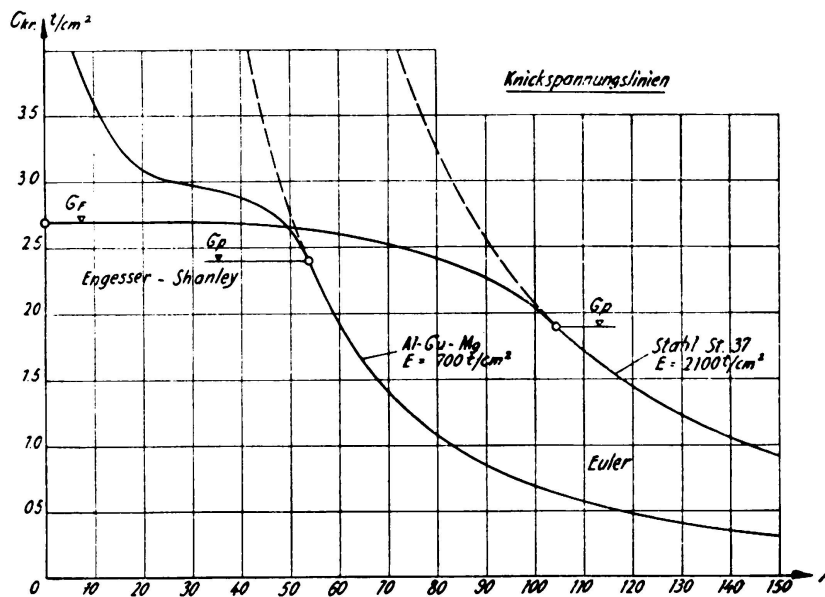


FIG. 2

dehnungsdiagramme der Figur 1 aufgetragen. Während wir im Stahlbau bei Druckstäben für grössere Kräfte Schlankheitsgrade λ von $\lambda < 100$ anstreben, werden wir bei Aluminiumtragwerken Schlankheiten von $\lambda > 60$ aus wirtschaftlichen Gründen zu vermeiden haben. Dieser Tendenz nach gedrunenen Stäben kommt die leichte Herstellungsmöglichkeit von Rohr- und Kastenquerschnitten in willkommener Weise entgegen.

Dauerfestigkeit.

Aus der Auswertung zahlreicher Versuche ergibt sich, dass die beiden grundlegenden Beziehungen

$$\Delta \sigma = \frac{\sigma_w \cdot \sigma_z \cdot (\sigma_z - \sigma_m)}{\sigma_z \cdot (\sigma_z - \sigma_m) + \sigma_w \cdot \sigma_m}$$

und

$$\log \frac{\sigma_{oz} - \sigma_w}{\sigma_w - \sigma_{aw}} = p \cdot i + \log c_w$$

der in der I. Arbeitssitzung skizzierten Theorie der Dauerfestigkeit (s. diesen Schlussbericht) auch für Aluminiumlegierungen gültig sind. In Figur 3 sind als Beispiel die im Alcoa Structural Handbook für die Legierungen 14 S-T, 17 S-T und 24 S-T angegebenen Dauerfestigkeitswerte mit den berechneten Kurven verglichen. Dagegen zeigt sich (übereinstimmend mit anderen Versuchsauswertungen), dass die Zugfes-

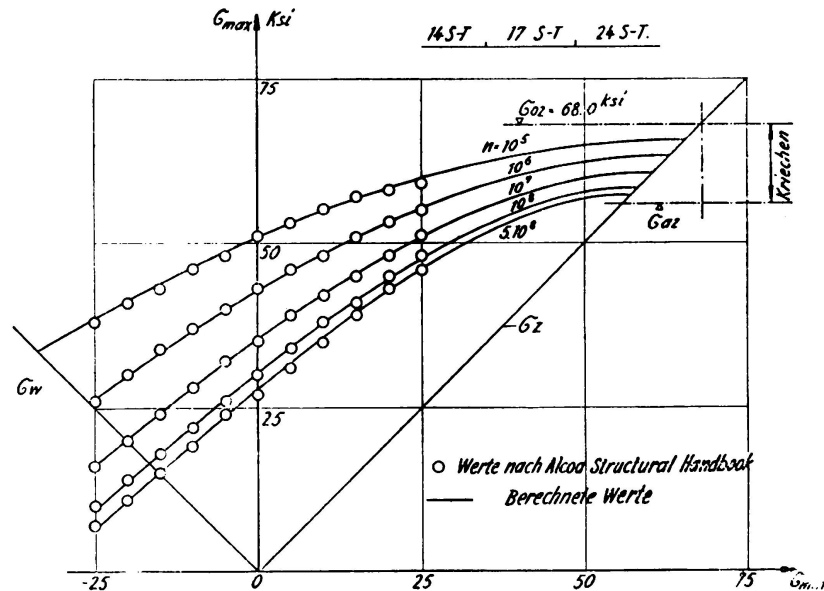


FIG. 3

tigkeit σ_z mit wachsender Lastwechselzahl $n = 10^i$ abnimmt; diese Besonderheit von Aluminium gegenüber Stahl muss als Folge des Kriechens gedeutet werden: einer grösseren Lastwechselzahl entspricht eine längere Belastungsdauer. Nach diesen Versuchen kann die Zugfestigkeit bei normaler Raumtemperatur im Laufe der Zeit bis zu 20 % und mehr abnehmen; es scheint, dass diese Kriechwirkung bei thermisch vollvergüteten Legierungen stärker ist als bei teilvergüteten.

In Figur 4 sind Versuchswerte nach Versuchen der Aluminium Laboratories Limited Kingston mit den nach unserer Theorie berechneten Wöhlerkurven der Wechselfestigkeit σ_w verglichen. Für das Grundmaterial der untersuchten Legierung 65 S zeigt sich, dass der Festigkeitsunterschied zwischen dem thermisch vollvergüteten Zustand (65 S-T) und der teilvergüteten Legierung (65 S-W) mit wachsender Lastwechselzahl abnimmt; wenn auch die Bestimmung des Endwertes σ_{aw} (für $n = \infty$) als Extrapolation wegen der Streuungen der Versuchswerte mit einer gewissen Unsicherheit belastet ist, so zeigt sich doch eindeutig, dass der Wert von σ_{aw} für die beiden Vergütungszustände nicht sehr stark verschieden ist. Es ist durchaus möglich, dass dieser Endwert σ_{aw} für 65 S-T und 65 S-W überhaupt gleich gross wird, doch lässt sich dies aus den vorliegenden Versuchen nicht eindeutig entscheiden.

Von den beiden Legierungen liegen die Ergebnisse von Versuchen an geschweissten Probestäben vor, die in Figur 4 zusammen mit der

Auswertung ebenfalls eingetragen sind. Es zeigt sich deutlich, dass der Einfluss der Vergütung durch die Schweissung wieder aufgehoben wird und zwar derart, dass sowohl das vollvergütete wie das teilvergütete Material in geschweisstem Zustand praktisch die gleiche Wechselfestigkeit

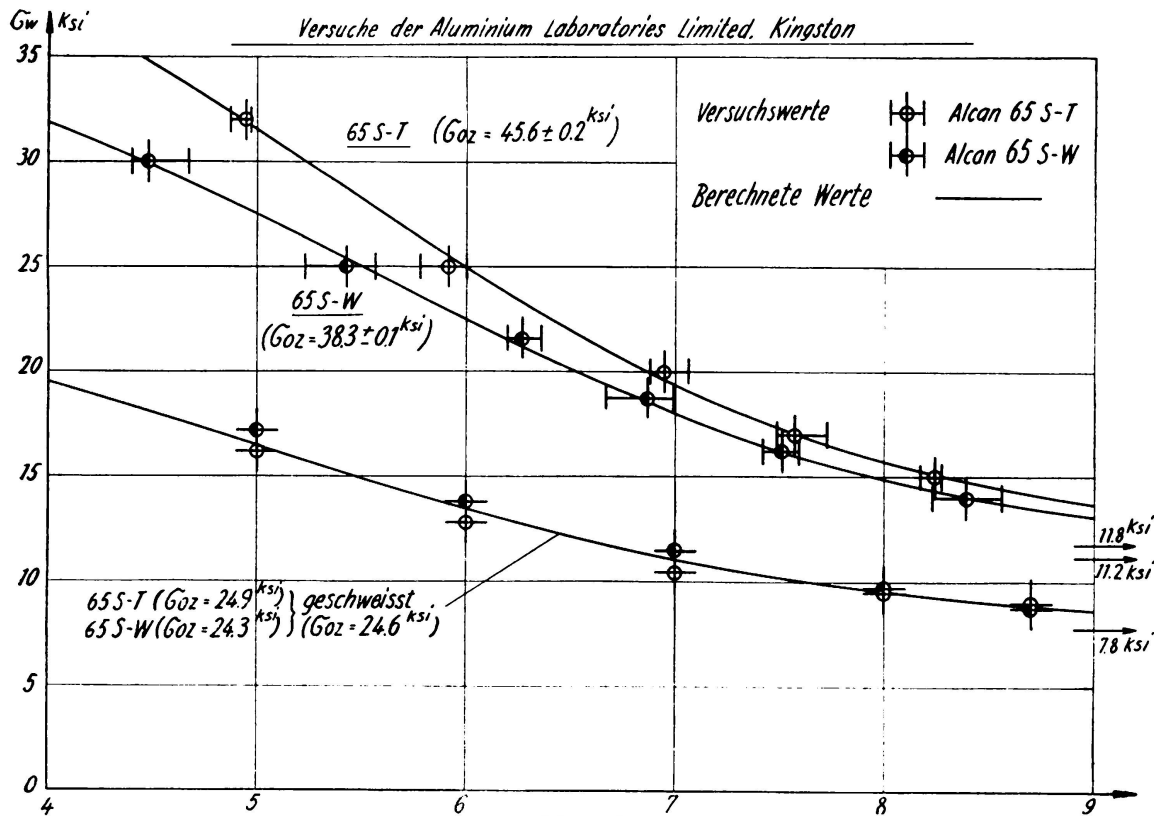


FIG. 4

besitzen. Dagegen scheint sich bei diesen Versuchen eine Kerbwirkung infolge der Schweissung nicht bemerkbar zu machen, was offenbar auf die sehr sorgfältige Bearbeitung der Probestäbe zurückzuführen ist.

Wirtschaftliche Fragen

Bei der heutigen Marktlage genügt normalerweise das geringere Gewicht von Leichtmetalltragwerken nicht, um Stahlbauten erfolgreich konkurrenzieren zu können, doch kann sich in Sonderfällen die Wirtschaftlichkeit von Leichtmetall heute schon entscheidend verbessern, wenn schwierige Transport- oder Montageverhältnisse vorliegen oder wenn, bei ungünstigem Baugrund, teure Fundationen notwendig sind. Ebenso wird sich, zusammen mit diesen Faktoren, die bessere Korrosionsbeständigkeit von Leichtmetall gegenüber Stahl durch geringere Unterhaltskosten günstig auswirken, doch muss festgehalten werden, dass auch bei Leichtmetall eine absolute Korrosionsbeständigkeit, die einen Unterhalt überhaupt überflüssig machen könnte, nicht besteht.

Wirtschaftlich günstig wirkt sich auch die leichtere Bearbeitbarkeit von Leichtmetall gegenüber Stahl aus, doch ist andererseits wesentlich, dass Leichtmetall eine besondere Sorgfalt der Verarbeitung (Vermeidung von Oberflächenbeschädigungen usw.) erfordert.

Für einen allgemeinen Erfahrungsaustausch ist die Uneinheitlichkeit der heute vorhandenen Legierungen und ihrer Bezeichnungen ungünstig; im Interesse der zukünftigen Entwicklung ist eine internationale Regelung dieser Fragen, wie sie schon am Kongress in Cambridge 1952 gefordert wurde, nach wie vor dringend.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Besonderheiten von Bauwerken aus Leichtmetall gegenüber dem Stahlbau sind in den Unterschieden der beiden Baustoffe begründet. Diese Unterschiede liegen hauptsächlich im niedrigeren Elastizitätsmodul (Stabilitätsprobleme, Durchbiegungen, Schwingungen), im Fehlen einer physikalisch ausgeprägten Fließgrenze, die durch einen Konventionswert nicht ersetzt werden kann, und in der grösseren Empfindlichkeit gegenüber oft wiederholten und langdauernden Belastungen begründet. Die Entwicklung wird nur dann auf die Dauer erfolgreich sein können, wenn diese Besonderheiten beim Entwurf, bei der konstruktiven Ausbildung und bei der Herstellung berücksichtigt werden. In besonderen Fällen (schwierige Transport- und Montageverhältnisse, bewegliche Anlagen) ist heute schon die Wettbewerbsfähigkeit mit dem Stahlbau erreichbar. Eine internationale Regelung der Legierungsarten und ihrer Bezeichnungen ist nach wie vor dringend.

RESUMO

As particularidades próprias das estruturas de ligas leves em relação às estruturas de aço, provem das diferenças que existem entre os dois materiais. Estas são fundamentalmente, um módulo de elasticidade mais baixo (problemas de estabilidade, flexão, vibrações), ausência de um limite de fluência fisicamente bem determinado e que não pode ser substituído por um valor convencional, e uma maior sensibilidade às solicitações repetidas de grande duração. Só será possível progredir neste tipo de estruturas quando estas particularidades forem tomadas em consideração no cálculo, no projecto e na execução. Em certos casos particulares (dificuldade de transporte e de montagem, instalações móveis) já é hoje possível entrar em concorrência com o aço. Uma regulamentação internacional das ligas e da sua designação continua, ainda, a ser necessária.

RÉSUMÉ

Les particularités des structures en métal léger par rapport aux structures en acier proviennent des différences qui existent entre les deux matériaux. Ces différences sont, fondamentalement, un module d'élasticité plus faible (problèmes de stabilité, flexion, vibration), absence d'une

limite de fluage bien déterminée et qui ne peut être remplacée par une valeur conventionnelle, et une plus grande sensibilité aux sollicitations répétées de longue durée. Il ne sera possible de faire des progrès dans ce genre de construction que lorsque ces particularités seront prises en considération dans le calcul, le projet et l'exécution. Dans certains cas particuliers (difficultés de transport et de montage, installations, mobiles) il est déjà possible, aujourd'hui d'entrer en concurrence avec l'acier. La nécessité d'un règlement international des alliages et de leur désignation, continue, comme dans le passé, à se faire sentir.

S U M M A R Y

The peculiarities of light alloy structures as compared to steel structures are due to the actual differences between both metals. These are basically, a lower yield stress (stability and deformation problems, vibrations), absence of a physically well determined creep point which cannot be replaced by a conventional value, and a greater sensitivity to long time loading. It will only be possible to improve on that type of structure, when these peculiarities are taken into account in computation, design and fabrication. In certain cases (transport and erection difficulties, mobile installations) it is already possible to compete favourably with steel structures. International standards for light alloys and their classification are, still, urgently needed.

Leere Seite
Blank page
Page vide