

ist, also verhältnisgleich mit der zulässigen Beanspruchung wächst, weil das Elastizitätsmaß  $E$  leider für alle Baustähle gleich groß anzunehmen ist. Nur dann, wenn die Trägerhöhe  $h$  im gleichen Verhältnis, also z. B. bei Si-Stahl gegenüber St. 37 um 50 v. H. vergrößert würde, was praktisch ausgeschlossen ist, würde sich der gleiche Wert der Durchbiegung ergeben. Hieraus folgt, daß sich Si-Stahl-Brücken bei der üblichen bescheidenen Vergrößerung der Trägerhöhe gegenüber denen aus St. 37 sämtlich wesentlich stärker, als diese durchbiegen müssen. In Anerkennung dieser Schwierigkeit hat die Deutsche Reichsbahn für ruhende Verkehrslasten die zulässige Durchbiegung, die früher bei Eisenbahnbrücken zu etwa  $f = \frac{l}{1500}$  (bzw.  $\frac{l}{1200}$  bei Straßenbrücken) angenommen wurde, auf  $f = \frac{l}{900}$  (bzw.  $\frac{l}{600}$ ) erhöht, also eine wesentlich größere Weichheit der Brücke in Kauf genommen (z. B. bei  $l = 100$  m die Durchbiegung  $f = 11$  cm bzw. 16,6 cm). Neben den Spannungen werden wir daher künftig vielmehr, wie bisher auch die *Formänderungen und ihre Einwirkung auf den Sicherheitsgrad* erörtern müssen.

Die beträchtliche Gewichtsersparnis, also die Verringerung der toten Last, die ja der Endzweck unserer Bestrebung, die Erdschwere zu bannen, bildet, trifft heute gleichzeitig mit einem neuen starken Anwachsen der Verkehrslasten zusammen. Sie sind in den beiden letzten Jahrzehnten bei den deutschen Eisenbahnen von der Lokomotive des früheren G-Lastenzuges mit  $5 \cdot 17 = 85 t$  auf den E-Lastenzug mit  $6 \cdot 20 = 120 t$  und neuerdings auf den N-Lastenzug mit  $7 \cdot 25 = 175 t$  erhöht worden. Rechnet man als Ersparnis an dem Eisengewicht  $G_e$  bei Anwendung von Si-Stahl etwa 30 v. H. gegenüber St. 37, so ist das Verhältnis von stoßender Masse zur gestoßenen Masse von  $(85 : G_e)$  auf  $(175 : 0,7 G_e) = (250 : G)$  vergrößert worden, also auf das  $250 : 85 =$  rund 3fache. Alle dynamischen Einwirkungen sind somit heute für unsere Baustahlbrücken wesentlich größer als früher. Während ihre Bedeutung für die eisernen Brücken in den letzten Jahrzehnten stark zurücktrat, müssen wir heute an die Vorbildlichen Versuche von WÖHLER-Berlin (1870) und BAUSCHINGER-München (1886) wieder anknüpfen. Das bedeutsamste Problem des Eisenbrückenbaues für das nächste Jahrzehnt wird der *Einfluß der dynamischen Einwirkungen zunächst auf den Baustoff, sodann auf die Bauteile im Bauwerk und endlich auf ihre Verbindungsmittel*, sowie die Festlegung der Sicherheit in dieser Hinsicht sein.

Im vorliegenden Bericht sollen Mitteilungen und Gedanken, die bei der Ausbildung des St. 48 und des Silicium-Stahles auf Grund der Dresdner Versuche gesammelt worden sind, gegeben und zur Erörterung gestellt werden, sowie einige Anregungen zur weiteren Erforschung dieses umfangreichen und dankbaren Arbeitsgebietes.

### I. Sicherheit hinsichtlich der Anstrengung oder der Verformung

Für den Sicherheitsgrad unserer Eisenbauteile ist in der Regel die *Anstrengung, also der Eintritt des Fließens oder des Brechens* maßgebend. Nur in besonderen Fällen wird die Forderung gestellt, daß die *Bauteile oder das Bauwerk seine Form nicht mehr als zulässig ändern dürfen*. So würde z. B. bei einer Hängebrücke mit Eisenbahnverkehr von 300 m Stützweite eine *federnde Durchbiegung* von  $f = \frac{l}{900} = \frac{300}{900} = 0,33$  m den Betrieb stören. Bei einer Straßenbrücke gleicher Art wäre nach den deutschen Normen zwar eine rechnerische Durchbiegung von  $f = \frac{l}{600} = 0,50$  m zulässig. Sie wird aber deshalb in Wirklichkeit wohl nie auftreten, weil dann beispielsweise bei 23 m Straßenbreite, wie z. B. bei der Rheinbrücke Köln-Mülheim, eine Ver-

kehrslast von  $300 \cdot 23 \cdot 0,5 t = 3450 t$  erforderlich wäre, die in der Form von bewegten Fahrzeugen überhaupt nicht unterzubringen ist. Erst die Erfahrung muß lehren, wie sich derartige weiche Hängebrücken aus Si-Stahl unter dem neuzeitlichen Straßenverkehr verhalten und bewähren. Bei Brückenmessungen sollten aber nicht nur Durchbiegungen und Verdrehungen unter den bewegten Lasten, sondern auch die Zeit beobachtet werden, in der sich diese Bewegungen vollziehen, also die Verformungsgeschwindigkeit, die für die Beurteilung der störenden und der zulässigen Formänderung, also des Sicherheitsgrades maßgebend sein wird. Ein Beispiel dafür, daß nicht die federnde, sondern die *bleibende Verformung* den Sicherheitsgrad und die zulässige Beanspruchung bestimmt, bildet der Lochleibungsdruck oder Stauchdruck der Niete. Vor drei Jahren<sup>1</sup> sprach ich die Befürchtung aus, daß bei einem Lochleibungsdruck  $\sigma_l$ , der das 2,5fache der zulässigen Stabspannung  $\sigma_{zul}$  beträgt, die Nietlöcher unrund werden könnten und eine vorzeitige Auswechslung der Niete und Schrauben nötig würde. Die daraufhin von der Reichsbahn 1926 und 1927 in den Versuchsanstalten Dresden, Karlsruhe und München durchgeführten Versuchsreihen haben erwiesen, daß diese Befürchtungen zunächst für alle Bolzen berechtigt sind, worüber Herr FINDEISEN nachher berichten wird. Sowohl bei zylindrischen, wie vor allem auch bei konischen Bolzen sollte mit  $\sigma_l = 1,5 \sigma_{zul}$  gerechnet werden, im Gegensatz zu unseren jetzigen Reichsbahnvorschriften. Bei den Nietten tritt infolge der „Klammerwirkung“ der Nietköpfe eine gewisse Einspannung des Nietschaftes ein, die eine höhere Beanspruchung als bei Bolzen rechtfertigt, also meines Erachtens etwa  $\sigma_l = 2,0 \sigma_{zul}$ . Erst nach Durchführung der in Stuttgart eingeleiteten Dauerversuche werden die hier aufgerollten bedeutsamen Fragen entschieden werden können.

Sieht man von derartigen wenigen Sonderfällen der Sicherheit gegen allzu große federnde oder bleibende Verformungen ab, so handelt es sich in der Regel um eine Beurteilung der Gefahr einer Überanstrengung, also um die Sicherheit gegen Überschreitung der Streckgrenze und gegen den Bruch der Bauteile.

## II. Der Zugversuch als Grundlage für den Sicherheitsgrad

### a) Der übliche Zugversuch

Ein Vergleich der Anstrengungen im Bauwerk einerseits und in Versuchsstücken andererseits wäre nur dann völlig einwandfrei durchzuführen, wenn der Spannungs- und Formänderungszustand bei beiden übereinstimmen würde. Versuche am Bauwerk haben den Nachteil, daß die Belastung wohl bis zur Nutzlast, nicht aber bis zum Bruch gesteigert werden kann. Modellversuche, bei denen man zwar den Spannungs- und Formänderungszustand nachzuahmen vermag, bringen wiederum die Schwierigkeit der Wahl des richtigen Umrechnungsmaßstabes. Bei der Prüfung einzelner Stäbe sind aber nicht nur die Einspannungs- oder Lagerungsverhältnisse anders, wie im Bauwerk, sondern meist auch die Abmessungen wesentlich kleiner. Völlig einwandfreie Grundlagen für die Beurteilung der Sicherheit können daher nur durch Bruchproben mit genauen Messungen an Bauwerken in natürlicher Größe geschaffen werden. Dieser Weg wird zur Zeit an einer Reihe elektrisch geschweißter Fachwerkträger beschritten, die nach einem Arbeitsplan des Deutschen Eisenbauverbandes im Dresdner Materialprüfungsamt bis zum Bruch belastet werden sollen. Da aber die Mannigfaltigkeit der Spannungs- und Formänderungszustände bei unseren Eisenbauten sehr groß ist und die Statik und Festigkeitslehre uns die Mittel

<sup>1</sup> Siehe W. GEHLER, Der Bauingenieur, 1926. S. 69. Die neuen Vorschriften für Eisenbauwerke der Reichsbahngesellschaft.