

DER STAHLBAU

Schriftleitung:

Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule
Fernsprecher: C 1 Steinplatz 0011
Professor W. Rein, Breslau, Technische Hochschule. — Fernsprecher: Breslau 421 61

Beilage
zur Zeitschrift

DIE BAUTECHNIK

Fachschrift für das ge-
samte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

7. Jahrgang

BERLIN, 8. Juni 1934

Heft 12

Alle Rechte vorbehalten.

Einiges über statische und dynamische Einflußlinien auf Grund der an der Mannheim-Ludwigshafener Rheinbrücke^{*)} angestellten Messungen.

Von Reichsbahnoberrat Dr.-Ing. Krabbe, Essen.

Bekanntlich bietet der einachsige Schienenwagen der Schweizerischen Bundesbahnen ein Mittel, die statischen Einflußlinien für irgendwelche statischen Größen aufzuzeichnen, indem man ihn im „Kriechtempo“ über die Brücke führt und die dabei in einem Brückenteil entstehenden Spannungen mißt und dem Fortschreiten des Wagens entsprechend aufzeichnet. Das ist in größerem Umfange an der Mannheim-Ludwigshafener Rheinbrücke geschehen und dabei auch versucht worden, durch Messen der Spannungen unter der Wirkung der an einzelnen, verschiedenen Stellen der Brücke aufgestellten Losenhausschen Erregermaschine den ungefähren Verlauf der „dynamischen Einflußlinie“ zu ermitteln. Beide Arten von so gemessenen Einflußlinien weichen von der auf theoretischem Wege ermittelten statischen Einflußlinie mehr oder weniger ab.

1. Die statischen Einflußlinien.

Die gemessenen statischen Einflußlinien stimmen in der grundsätzlichen Form im allgemeinen gut mit den theoretisch ermittelten überein, nur zeigen sich — abgesehen von Verschiedenheiten im Maßstabe, auf die hier nicht eingegangen werden soll — an den gemessenen Einflußlinien zahlreiche Ausrundungen und Wellungen, die durch die Steifheit

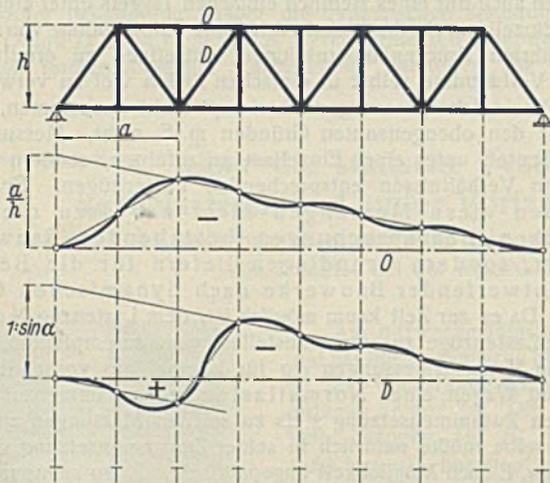


Bild 1. Einflußlinien bei durchlaufenden Längsträgern.

der Knotenpunkte nicht zu erklären sind. Sie sind lediglich auf die kontinuierliche Wirkung der Längsträger zurückzuführen und ergeben sich bei Berücksichtigung derselben auch theoretisch. Bekanntlich ist die Einflußlinie für eine statische Größe dargestellt durch die Biegelinie des „Lastgurtes“, die durch die Formänderung „Eins“ (Drehwinkel λ , Querverschiebung l , Verlängerung l , Hebung l) des betreffenden Tragwerkteiles verursacht wird¹⁾. Da der Beweis dieses Satzes aus dem Prinzip der virtuellen Verrückungen folgt, ist dabei die Senkung bzw. Hebung der Lasten maßgebend, d. h. die Verformung desjenigen Tragteiles, der die Lasten unmittelbar aufnimmt, nämlich des Längsträgers, der also in diesem Sinne als eigentlicher „Lastgurt“ anzusehen ist, und seine Verformung ist maßgebend.

Bei dem in Bild 1 dargestellten Hauptträger entstehen durch Verlängerung des Obergurtes O um Eins bzw. durch Verlängerung der

^{*)} Vgl. a. Bautechn. 1931, Heft 38; 1932, Heft 6, 8 u. 45; 1933, Heft 18.

¹⁾ Vgl. den Aufsatz des Verfassers im Stahlbau 1933, Heft 2.

Strebe D um Eins die beiden dargestellten geknickten Biegelinien des die Fahrbahn tragenden Untergerüstes, und die Querträger gelangen dadurch in die durch kleine Kreise bezeichneten Lagen.

Die kontinuierlich durchgeführten Längsträger aber können die in der Biegelinie des Untergerüstes liegenden Knicke nicht mitmachen und sind gezwungen, die Form der stark ausgezogenen Wellenlinien anzunehmen, die also auch rein theoretisch die wirklichen Einflußlinien für die Stäbe O und D darstellen. Ein geradliniger Verlauf der Einflußlinien zwischen den Querträgeranschlüssen besteht also in Wirklichkeit nicht. Die richtigen Einflußlinien lassen sich durch Einstecken von Nadeln an den eingekreisten Punkten und Umschlingen derselben mit einer leichten Uhrfeder ohne weiteres darstellen. Vorausgesetzt ist dabei allerdings, daß das Trägheitsmoment des Längsträgers zu dem des Hauptträgers verschwindend klein ist, denn sonst würde der Längsträger auch seinerseits die Verbiegung des Hauptträgers und seines Untergerüstes beeinflussen. Diese Voraussetzung ist aber bei allen üblichen großen und kleinen Brückenkonstruktionen zweifellos erfüllt. Unter dieser Voraussetzung hat auch offenbar die Steifigkeit des Längsträgers auf die Form der Biegelinie keinen Einfluß. Es zeigt sich dabei übrigens die sonderbare, aber auch auf andere Weise erklärbare und zweifellos der Wirklichkeit entsprechende Erscheinung, daß bei kontinuierlicher Durchführung der Längsträger, der Hauptträger in allen Teilen gerade bei den einflußreichsten Laststellungen etwas stärker beansprucht wird wie bei „gelenkigem“ Längsträgeranschluß, der übrigens in Wirklichkeit nicht ausführbar ist.

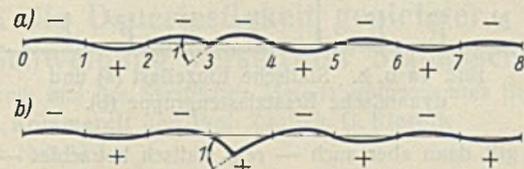


Bild 2a u. b.
Einflußlinien durchlaufender Längsträger.

Bemerkt sei in diesem Zusammenhange, daß auch die Einflußlinien für Stützen- und Feldmoment des Längsträgers durch Knicke derselben an der betreffenden Stelle um den Drehwinkel Eins in einfachster

Weise bestimmt werden, wie in Bild 2 angedeutet.

Auch hierbei kann der Längsträger wegen seines dem Hauptträger gegenüber verschwindend kleinen Trägheitsmomentes als auf festen Stützen gelagert angesehen werden. Allerdings kann sowohl hier wie bei den Einflußlinien für den Hauptträger unter Umständen die Nachgiebigkeit der Querträger gewissen Einfluß haben. Man kann sie aber auch leicht berücksichtigen, da es sich dabei um Stützung auf voneinander unabhängigen, elastischen Stützen handelt, deren Nachgiebigkeit ohne weiteres feststellbar ist. Eine Abhängigkeit der Verbiegung des Längsträgers von der des Hauptträgers, die schwer zu ermitteln wäre, kommt in keinem Falle in Betracht. Es hat daher auch die Verbiegung des Hauptträgers beim Befahren der Brücke auf die Beanspruchung der kontinuierlichen Längsträger keinen Einfluß. Selbstverständlich ist für die Richtigkeit der hier als Biegelinien dargestellten Einflußlinien nicht Bedingung, daß die Längsträgeranschlüsse — die meistens nur zur Aufnahme größerer negativer Momente geeignet sind — die durch die gezeichneten Biegelinien bedingten positiven und negativen Biegemomente auch wirklich aufnehmen können, da es sich ja nur um gedachte Verformungen handelt. Bedingung ist nur, daß die nach Maßgabe der Einflußflächen in Bild 2a wirklich auftretenden negativen und kleinen positiven Stützenmomente von den Längsträgeranschlüssen aufgenommen werden können.

Bei durch Fahrbahnunterbrechungen bedingten gelenkigen bzw. beweglichen Längsträgeranschlüssen an irgendeiner Stelle findet der wellenförmige Verlauf der Biege- bzw. Einflußlinie natürlich hier seinen Abschluß.

II. Die dynamischen Einflußlinien.

Versuche der Darstellung „dynamischer Einflußlinien“, wie eingangs erwähnt, zeigen einen wesentlich verschiedenen Verlauf der dynamischen und statischen Einflußlinie. Dem Verlauf der statischen Einflußlinie für den Obergurtstab *O* in Bild 1 würde etwa der in Bild 3 punktiert dargestellte Verlauf der dynamischen Einflußlinie entsprechen, d. h. bei einer

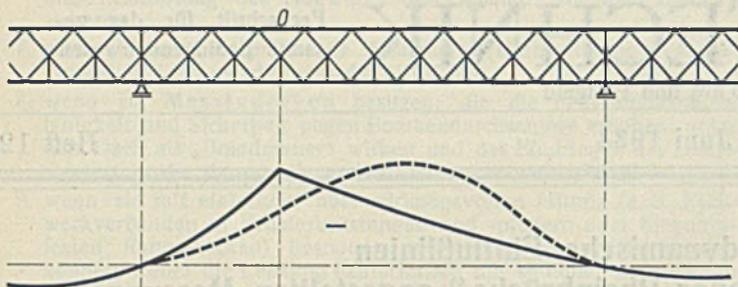


Bild 3. Statische und dynamische Einflußlinie.

über die Brücke rollenden Einzellast sind auch die von der Trägermitte weiter entfernt liegenden Gurtstäbe in Wirklichkeit bei einer Laststellung etwa in der Mitte des Trägers am stärksten beansprucht. Dieses Ergebnis ist für die Beurteilung der dynamischen Beanspruchung von Brückenträgern außerordentlich wichtig. Es soll nun im folgenden ein Weg gezeigt werden, wie man auch auf zum Teil theoretischem Wege zu solchen dynamischen Einflußlinien gelangen kann. Es empfiehlt sich dabei meines Erachtens von vornherein nicht, Spannungen zu messen, wegen der dabei trotz Verfeinerung der Meßmethoden herrschenden Unsicherheit, die bereits durch ungleichmäßige Verteilung der Längsspannungen in einem Stabe bedingt ist (Nebenspannungen); man sollte sich dabei auf die mit Sicherheit zu ermittelnden Durchbiegungen bei der Messung beschränken.

Wir könnten z. B. unter dem in schnellerem Tempo über die Brücke geführten Einachswagen die dabei entstehenden Durchbiegungen aller Querträgerpunkte der Brücke mit Hilfe des Durchbiegungsregistrierapparates, System Zeiß-Kulka, sehr genau messen und in Verbindung mit der jeweiligen Laststellung auftragen²⁾. Wir erhalten dann für den Träger (Bild 1) für jede Laststellung alle Durchbiegungswerte δ_1 bis δ_7 .

Wir haben beispielsweise bei Stellung des bewegten Einachswagens in Punkt 3 (Bild 4a) die Durchbiegungen δ_1 bis δ_7 sämtlicher Lastpunkte gemessen; diese Werte sind also bekannt. Es gilt dann aber auch — rein statisch betrachtet — das Gleichungssystem

$$\begin{aligned} (1) \quad \delta_1 &= \delta_{11} P_1 + \delta_{12} P_2 \dots + \delta_{17} P_7 \\ &\vdots \\ \delta_7 &= \delta_{71} P_1 + \delta_{72} P_2 \dots + \delta_{77} P_7, \end{aligned}$$

wobei δ_{ik} diejenige Durchbiegung bezeichnet, die statisch im Punkte *i* bei ruhender Stellung des Einachswagens in *k* entsteht, dividiert durch das Gewicht desselben. Diese Werte können sowohl durch Messung als auch durch Rechnung genau bestimmt werden. Sie müssen in diesem Falle natürlich gemessen werden. Wir haben dann ein Gleichungssystem mit den sieben unbekanntenen Lasten P_1 bis P_7 , aus welchem sich dieselben ermitteln lassen. Die Auflösung macht keine Schwierigkeiten, weil man zu solchen Messungen ohnehin symmetrisch gebaute Träger wählen wird, wobei sich dann in allen Fällen eine doppelt symmetrische Nennerdeterminante ergibt. Wir erhalten damit eine statische Lastgruppe $P_1 - P_7$, welche die dynamische Last im Punkte 3 in jeder Weise ersetzt, indem sie in allen Punkten die gleichen Durchbiegungen wie diese erzeugt (Bild 4b). In derselben Weise erhalten wir, unter Benutzung desselben Gleichungssystems, lediglich mit anderen unabhängigen Gliedern, Lastgruppen, die die dynamische Belastung in den Punkten 2, 4, 5, 6 und 7 in jeder Weise ersetzen. Da nun aber durch die Senkungen der Punkte 1 bis 7 auch die Beanspruchungen aller Trägteile eindeutig bestimmt sind²⁾, so können wir mit Hilfe dieser ermittelten statischen Ersatzlasten

aus den statischen Einflußlinien die dynamischen Einflußlinien bestimmen. Wir belasten beispielsweise die statische Einflußlinie für den Obergurtstab *O* zunächst mit der die dynamische Last in 1 ersetzenden Lastgruppe P_1 bis P_7 , und erhalten damit als $\sum_{n=1}^{n=7} P_n \eta_n$ die dynamische Beanspruchung des Stabes *O* bei der Laststellung des Einachswagens in 1, also die Ordinate der dynamischen Einflußlinie für den Punkt 1; in derselben Weise erhalten wir die Ordinaten der dynamischen Einflußlinie in den Punkten 2 bis 7.

III. Bewertung der dynamischen Einflußlinien. Dynamische Spannungslinien.

Es wäre nun aber ein großer Irrtum, wenn man annehmen wollte, die so gefundenen dynamischen Einflußlinien in derselben Weise durch Aufsetzen eines Lastenzuges auswerten zu können wie statische Einflußlinien, denn die dynamischen Einflüsse mehrerer Lasten addieren sich nicht arithmetisch, sondern sie stehen in viel verwickelterem Zusammenhange, da mit jeder dazukommenden Last, ja sogar mit der Vergrößerung jeder Einzellast, sich auch das Verhältnis zwischen Brückeneigenlast und bewegter Last ändert und damit das Verhältnis der einzelnen Impulse zu den Eigenschwingungen. Wohl aber lassen sich aus der Form und Entstehungsweise dieser dynamischen Einflußlinien wichtige Schlüsse für die dynamische Beanspruchung von Brücken ziehen.

Zunächst kann aus dem Umstand, daß eine dynamische Einzellast nur durch eine Gruppe von Lasten statisch ersetzt werden kann, geschlossen werden, daß das übliche Verfahren, die dynamischen Einflüsse durch einen Stoßzuschlag zu der statischen Einzellast zu berücksichtigen, nur eine ganz rohe Annäherung geben kann, und wir können zunächst nur den wichtigen Satz hinstellen: „Jeder dynamischen Einzellast in einem bestimmten Punkte entspricht eine Gruppe statischer Ersatzlasten“. Hieraus erklärt sich auch ohne weiteres die in Bild 3 angedeutete Form einer solchen dynamischen Einflußlinie. Die durch die Messungen an der Mannheim-Ludwigshafener Rheinbrücke festgestellte grundsätzliche Form einer solchen dynamischen Einflußlinie bestätigt andererseits den hier aufgestellten Satz. Wir sind damit in der theoretischen Erkenntnis der dynamischen Einflüsse etwas weiter, ohne indes praktisch zunächst diese Erkenntnis zahlenmäßig auswerten zu können.

Aus den angeführten Gründen kann auf dem Gebiet der Dynamik bei Brücken der Weg über eine Einzellast und Einflußlinien überhaupt nicht zum Ziele führen, wie das in der Statik so erfolgreich möglich war.

Es dürfte auch kaum Aussicht bestehen, die dynamischen Beanspruchungen auch nur eines ziemlich einfachen Trägers unter einer darüberrollenden Einzellast rein theoretisch, d. h. ohne Zuhilfenahme von Messungen an ausgeführten Brückenkonstruktionen, zutreffend zu ermitteln; dazu liegen die Verhältnisse selbst in einfachen Fällen viel zu verwickelt. Da wir aber ohne solche Messungen überhaupt nicht auskommen, empfiehlt es sich aus den obengenannten Gründen m. E. nicht, Messungen, wie oben angedeutet, unter einer Einzellast auszuführen, sondern unter den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Lastenzügen. Schließlich aber sollen diese Messungen nicht nur dazu dienen, die dynamischen Beanspruchungen bestehender Bauwerke zu ergründen, sondern Grundlagen liefern für die Bemessung neu zu entwerfender Bauwerke nach dynamischen Gesichtspunkten. Da es zur Zeit kaum möglich ist, dem Lastenzug *N* oder *E* entsprechende Lastenzüge zusammenzustellen, wäre zu empfehlen, als Grundlage für die Versuchsmessungen ein für allemal aus vorhandenen Lokomotiven und Wagen einen Normallastenzug zusammenzustellen, der in derselben Zusammensetzung stets zu solchen Messungen zu benutzen wäre. Derselbe müßte natürlich in seiner Zusammensetzung den Lastenzügen *N* bzw. *E* nach Möglichkeit angepaßt sein. Dann kann man zunächst für einen bestimmten Brückenträger, etwa den Träger des Bild 1, die Durchbiegungen an den Punkten 1 bis 7 messen und im Zusammenhang mit dem Fortschreiten des über die Brücke fahrenden Normallastenzuges aufzeichnen. Wir bestimmen dadurch die Werte δ_1 bis δ_7 für folgende Lastenzugstellen: 1. erste Last in Punkt 1, 2. erste Last in Punkt 2 usw. bis erste Last am Brückenende. Für diese einzelnen Laststellungen ermitteln wir dann mit Hilfe des Gleichungssystems 1 die verschiedenen statischen Ersatzlastengruppen P_1 bis P_7 , die also jetzt nicht mehr eine dynamische Einzellast, sondern eine Gruppe dynamischer Lasten ersetzen. Wir sind dann in der Lage, für jede statische Größe, beispielsweise die Obergurtstabskraft *O*, mit Hilfe ihrer statischen Einflußlinie die dynamischen Werte für die einzelnen Normallastenzugstellungen zu ermitteln. Das ganze gilt natürlich nur für die bestimmte Geschwindigkeit, mit der der Normallastenzug über die Brücke geführt wurde. Dieselben Werte kann man nun für verschiedene Geschwindigkeiten feststellen und hat dann schon wertvolle Unterlagen dafür, wie sich die einzelnen Trägteile bei verschiedenen Geschwindigkeiten unter dem Normallastenzug verhalten und wie groß ihre größten dynamischen Beanspruchungen sind. Die ungünstigste, kritische Geschwindigkeit wird sich dabei schon feststellen

²⁾ Vgl. Kulka: Beitrag zur Ermittlung von dynamischen Beanspruchungen eiserner Brücken. Bautechn. 1931, Heft 26.

lassen. Dieselben Versuche kann man dann an ähnlichen Trägern verschiedenster Stützweite mit demselben Normlastenzuge ausführen, wobei wir uns zweckmäßig zunächst auf eingleisige Brücken mit acht Feldern beschränken. Die Ergebnisse zeichnen wir dann in Form einer Tabelle auf, wobei wir das Gewicht bzw. die Masse des Normlastenzuges für die jeweilige Brückenlänge im Verhältnis zu der Nachgiebigkeit des Trägers angeben, oder besser im Verhältnis zum spezifischen Widerstand des Trägers in der Brückenmitte, d. h. zu der Last, die, in der Mitte des Trägers angebracht, diese um den Wert Eins senkt. Wir bezeichnen dieses Verhältnis mit $\frac{G}{w}$.

Wir erhalten dann folgende Tabelle:

$G:w =$	Ersatzlastgruppe für $G:w = \alpha_1$							Ersatzlastgruppe für $G:w = \alpha_2$							Ersatzlastgruppe für $G:w = \alpha_3$							Ersatzlastgruppe für $G:w = \alpha_4$							usw.
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	
Erste Last in 1																													
" " " 2																													
" " " 3																													
" " " 4																													
" " " 5																													
" " " 6																													
" " " 7																													
" " " 8																													

Drücken wir die in diese Tabelle einzutragenden, aus den Versuchen und Berechnungen ermittelten Werte für die Ersatzlasten P nicht absolut in Tonnen, sondern in Hundertteilen des jeweiligen Lastenzuggewichts G aus, so kann man wohl annehmen, daß die so erhaltenen Tabellen für die Ersatzlasten auch für andere, ähnliche Lastenzüge annähernd gültig bleiben, also auch für die Lastenzüge N, E und G. Der Wert w müßte dabei theoretisch durch Rechnung, nicht durch Messung bestimmt werden, um die Tabellen als Grundlage für die Bemessung neu zu entwerfender Brücken benutzen zu können.

Dieselbe Versuchsreihe könnte dann noch für entsprechende Träger mit zehn bzw. zwölf Felder durchgeführt werden.

Wir hätten dann in den so gefundenen Tabellen, die ein für allemal auf Grund von Versuchsreihen aufzustellen wären, die Ersatzlastengruppen für jede Stellung des Lastenzuges bei bestimmten Trägern und könnten damit aus den statischen Einflußlinien die jeder Stellung des Lastenzuges entsprechenden Stabspannungen ermitteln; wir erhalten dann beispielsweise für den bisher behandelten Träger die dynamischen Spannungslinien für die Stäbe O und D etwa nach Bild 5, deren Ordinaten unter den einzelnen Lastpunkten immer diejenige Stabspannung darstellen, die in dem be-

treffenden Stabe beim Vorrücken des Lastenzuges bis zu dem betreffenden Punkte vorhanden ist. Wir haben dann entsprechend den statischen Einflußlinien dynamische Spannungslinien, deren größte positive bzw. negative Ordinate die maßgebenden Grenzspannungen angeben. Tragen wir noch eine die ständige Belastung darstellende Waagerechte als Nulllinie ein, so stellen die Ordinaten der Kurven den Kraftverlauf in dem betreffenden Stabe dar, während die Abszissen, dividiert durch die Zuggeschwindigkeit, die zugehörige Zeit darstellen. Dividiert man schließlich noch die positiven Ordinaten durch F_n , die negativen durch F , so stellt die Kurve unmittelbar die Spannungsschwankungen dar. Diese Spannungsschwankungen sind nach neuen Anschauungen maßgebend für die zulässige Beanspruchung bei Zug- und Wechselstäben.

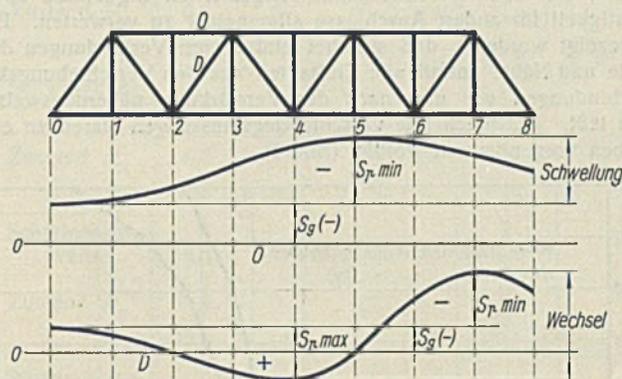


Bild 5. Dynamische Spannungslinien.

Ähnliche Untersuchungen können natürlich auch für vollwandige Träger größter und kleinster Stützweite vorgenommen werden.

Alle Rechte vorbehalten.

Über die statische Festigkeit und die Dauerfestigkeit genieteteter, vorbelasteter und unter Vorlast durch Schweißung verstärkter Stabanschlüsse.

(Versuche des Reichsbahn-Zentralamts für Bau- und Betriebstechnik und des Staatlichen Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem)

Von Direktor bei der Reichsbahn Dr.-Ing. O. Kommerell und Prof. Dr.-Ing. G. Bierett.

(Schluß aus Heft 11.)

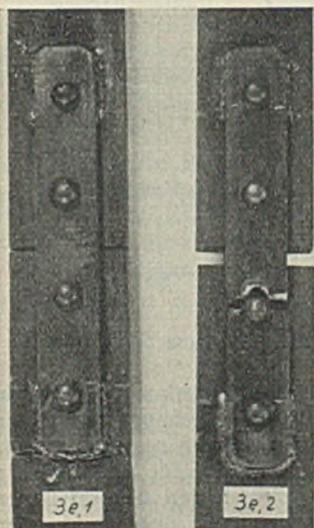


Bild 11. Dauerbrüche an den Probekörpern der Reihe 3e.

Am unzuweckmäßigsten für starke und häufige dynamische Einwirkungen ist die Verstärkung gemäß der Anordnung 3c und 3d. Die Dauerfestigkeit, bezogen auf F_n , betrug nur 1860 kg/cm², bezogen auf den tatsächlichen Bruchquerschnitt (Bild 6) nur 1330 kg/cm².

Die Verbindungen der Reihen 3a und 3e können nicht nur auf Grund der erzielten Dauerfestigkeit, bezogen auf die Laschen, verglichen werden. Nach den erreichten Dauerfestigkeiten wären die Anordnungen 3e zwar den anderen vorzuziehen. Der Anbruch einer der Proben 3e im Stab am Stirnkehlnahtansatz (Bild 11) nach $N = 1,766 \cdot 10^6$ Lastwechseln bei der verhältnismäßig geringeren oberen Versuchsspannung von 980 kg/cm² im Stab zeigt aber die Gefahren, die unter Umständen durch volle Stirnkehlnähte (Kerbwirkung am Übergang

Wird zunächst nur die Festigkeit der Laschen betrachtet, so sind die Verbindungen 3e geeigneter als 3a, da bei den ersteren die Dauerfestigkeit der Laschen im genieteteten und gelochten Zustand voll ausgenutzt worden ist. Die ertragene Last bei $2 \cdot 10^6$ Lastwechseln bei 3e betrug 27,7 t, die Spannung für F_n betrug 2260 kg/cm². Auch bei der entsprechend ausgebildeten Reihe 7 geht der Dauerbruch nicht mehr von der Naht aus, sondern vom Nietlochrand, so daß auch hier die Dauerfestigkeit der Laschen im gelochten und genieteteten Zustand voll ausgenutzt worden ist (Bild 10). Die Dauerfestigkeit betrug hier zwar nur 1580 kg/cm² und ist damit gegenüber Erfahrungswerten niedrig, wenn auch Werte in dieser Größenordnung bereits in anderen Dauerversuchen mit Nietverbindungen ermittelt worden sind. Die geringere mittlere Festigkeit der Reihe 7 gegenüber 3e kann auf den Werkstoff, die Bohrung und Nietung und wahrscheinlich auf die größere Probeform zurückzuführen sein.

Die Verstärkung nur durch Flankennähte in der Anordnung 3a und 6 mit Nahtbeginn hinter dem vordersten Niet kann auch für starke dynamische Einwirkungen wirksam sein. Für die vorliegenden Verhältnisse zwischen Stab und Laschenquerschnitt gewährleistet sie jedoch nicht so die Ausnutzung der Laschenfestigkeit wie die vorgeschlagenen Anordnungen 3e und 7, allerdings muß bei diesen noch eine befriedigendere Gestaltung des Stirnnahtquerschnitts erreicht werden.

Bei den kleineren Proben geht dies aus den Werten σ_A der Reihen 3a, 3b und 3e in Zahlentafel 2 deutlich hervor, bei den größeren Proben sind dagegen diese Werte für Reihe 6 und 7 gleich. Man kann aber mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß der Wert σ_A für Reihe 7 bei

der Nahtoberfläche zum Stab) herbeigeführt werden können und auf die im Abschnitt 4 näher eingegangen werden wird.

Die Bilder 14 u. 15 enthalten die entsprechenden Darstellungen für die breiteren Proben 4 und 6. Die Verschiebungen der Probe 6,1 vor der Verstärkung im vorderen Nietriß und am Laschenende sind zunächst ziemlich gleich, werden dann aber am Laschenende etwas größer als nahe dem Stoß. Nach der Verstärkung ist die Verschiebungszunahme am vorderen Niet und am Laschenende bis 55 t ziemlich gleich. Bei dem vorhandenen Verhältnis von Laschenquerschnittsfläche zur Blechquerschnittsfläche von etwa 4:5 und nur zwei Nieten würden bei gleichen Verschiebungen der dem Stoß nächstgelegene Niet 55%, der hintere 45% der Gesamtkraft aufnehmen. Mit Rücksicht auf diese Werte wird man bei der dreireihigen Verbindung die Kraftverteilung ziemlich gut durch Zuweisung von 35% an den ersten, je 20% an die mittleren und 25% an den hinteren Niet treffen.

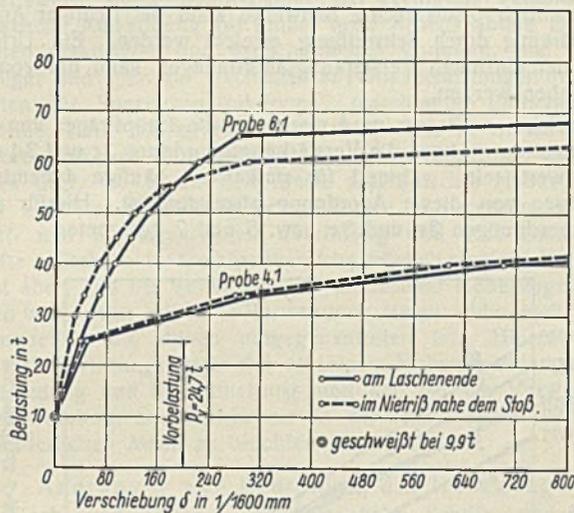


Bild 15. Verschiebungen in der genieteten Probe 4,1 nach der Vorbelastung mit 24,7 t und in der genieteten und geschweißten Probe 6,1 nach der Vorbelastung und Schweißung.

Der Vergleich der Kurven 6,1 mit 4,1 in Bild 15 läßt erkennen, daß der Kraftanteil der Nietung nach der Verstärkung noch etwas größer als die vorher aufgebrachte Belastung P_v werden kann. Aus Sicherheitsgründen wird man den Kraftanteil der Nietung mit P_v einsetzen. Für die als Dauerfestigkeit bestimmte Last $P_A = 36,5$ t kommt auch für die untersuchten Verbindungen keine wesentlich stärkere Beteiligung in Frage.

Man ist jetzt in der Lage, für die Verbindungen, bei denen der Anbruch von den Nahtenden ausging, die mittleren Spannungen in diesen Querschnitten zu bestimmen. In Zahlentafel 3 sind die Ergebnisse dieser Rechnung aufgeführt. Die Kräfte in dem Bruchquerschnitt beim Dauerversuch sind für die Last P_u , bei der verstärkt wurde, und für die im Dauerversuch bestimmte Last P_A berechnet. Daraus ergeben sich die mittleren Dauerfestigkeiten der Bruchquerschnitte am Nahtanfang und durch Vergleich der Spannungen für den Zustand P_u und P_A die ertragenen Schwingungswelten.

Die ertragenen Schwingungswelten der Reihen 3a bis 3d sind sehr gleichmäßig. Etwas kleiner ist die ertragene Schwingungswelt bei der Reihe 6. Der Grund hierfür liegt vor allem in der breiteren und offenbar ungünstigeren Probenform.

Für die Form 3e ist die durch den vordersten Niet (ohne Berücksichtigung der Reibung) übertragene Kraft aus Dehnungsmessungen an den Laschen zwischen den beiden Nieten bestimmt worden. Die Last P_A betrug 27,7 t (Zahlentafel 2). Daraus ergibt sich als Belastung P' und Beanspruchung des Laschenquerschnitts am Nahtanfang σ' zwischen den Nieten für

$$\text{die Gesamtlast } P_u = 6,0: P_u' = 2,4 \text{ t; } \sigma_u' = \frac{2400}{17,10} = 140 \text{ kg/cm}^2,$$

$$P_A = 27,7: P_A' = 19,8 \text{ t; } \sigma_A' = \frac{19800}{17,10} = 1160 \text{ kg/cm}^2$$

und eine Schwingungswelt von 1020 kg/cm². Der Bruch ist nicht in diesem Querschnitt eingetreten, obwohl die rechnerische Schwingungswelt etwas größer ist als die entsprechenden Werte der Zahlentafel 3. Wahrscheinlich ist der Kraftanteil des vorderen Nietes bei den Dauerversuchsproben etwas größer gewesen, ebenso kann die Reibung die Verhältnisse günstig beeinflusst haben.

Für die Form 7 ergeben sich auf Grund ähnlicher Betrachtungen folgende Belastungen und Spannungen im Querschnitt am Nahtanfang für die

$$\text{Gesamtlast } P_u = 9,9 \text{ t: } P_u' = 2,5 \text{ t; } \sigma_u' = 90 \text{ kg/cm}^2,$$

$$P_A = 39,0 \text{ t: } P_A' = 20,5 \text{ t; } \sigma_A' = 710 \text{ kg/cm}^2.$$

Zahlentafel 3. Berechnung der Dauerfestigkeit in den Bruchquerschnitten der Proben der Reihe 2, 3a bis 3d und 6.

Reihe	—	Gesamt- kraft P	Kraftverteilung auf		Kraft im 1. Niet N_1	Kraft im Bruch- quer- schnitt	Quer- schnitt F_{voll}	Span- nung σ
			Schwei- bung P_s	Niete P_n				
		t	t	t	t	t	cm ²	kg/cm ²
2	Zustand P_u	6,0	6,0	0	0	6,0	17,10	350
	" P_A	20,9	20,9	0	0	20,9		1220
	Schwingungs- weite	14,9	14,9	0	0	14,9		870
3 a	Zustand P_u	6,0	0	6,0	3,6	2,4	17,00	140
	" P_A	26,2	13,9	12,3	8,0	18,2		1070
	Schwingungs- weite	20,2	13,9	6,3	4,4	15,8		930
3 b	Zustand P_u	6,0	0	6,0	3,6	2,4	17,00	140
	" P_A	26,0	13,7	12,3	8,0	18,0		1060
	Schwingungs- weite	20,0	13,7	6,3	4,4	15,6		920
3 c	Zustand P_u	6,0	0	0	3,6	6,0	17,00	350
	" P_A	22,8	$\approx 10,5$	$\approx 12,3$	—	22,8		1340
	Schwingungs- weite	16,8	—	—	—	16,8		990
3 d	Zustand P_u	6,0	0	6,0	3,6	6,0	17,00	350
	" P_A	22,8	$\approx 10,5$	$\approx 12,3$	—	22,8		1340
	Schwingungs- weite	16,8	—	—	—	16,8		990
6	Zustand P_u	9,9	0	9,9	3,5	6,4	26,82	240
	" P_A	36,5	11,8	24,7	8,7	27,8		1040
	Schwingungs- weite	26,6	11,8	14,8	5,2	21,4		800

Für 3a u. 3b Zustand P_u : $N_1 = 0,6 P_u$
 " P_A : $N_1 = 0,7 P_n - 0,1 P_u$
 Für 6 Zustand P_u und P_A : $N_1 = 0,35 P_n$.

Der Querschnitt am Nahtanfang ist danach überhaupt nicht gefährdet. Die Verstärkungsanordnung ist mit Rücksicht auf die Laschen oder bei Knotenblechanschlüssen für die angeschlossenen Profile als günstig anzusehen, jedoch sind die im folgenden Abschnitt 4 erörterten Maßnahmen bezüglich der Stirnkehlnähte zu beachten.

Folgende Regel für die Anordnung der Verstärkungsnahte kann aus vorstehendem abgeleitet werden.

Für starke und häufige dynamische Beanspruchungen sind die Verstärkungsnahte so anzuordnen, daß der Nahtanfang in Querschnitten liegt, bei denen ein großer Teil der Kraft bereits durch Niete auf die Anschlußteile übergeleitet ist. Hierfür genügt bei größeren Nietbildern nicht ein einzelner Niet oder nur die wenigen Niete der vordersten Nietreihe.

Bei Verbindung von Teilen mit etwa gleichen Querschnittsflächen führt diese Forderung zu einer Anordnung wie bei der Reihe 6, die sich besonders bei mehrreihigen Verbindungen, bei denen ein größerer Teil der Niete vor den Nahtenden angeordnet werden kann, gut bewähren wird.

4. Weitere Folgerungen aus den Dauerversuchen.

Der Probestab 3e, 1 (Zahlentafel 2) brach an der Stirnkehlnaht (Bilder 16 u. 11). Der Anbruch ist wahrscheinlich am Nahtansatz eingetreten und dann nach der Wurzel der gegenüberliegenden Naht verlaufen. Die Naht gehört zu denen, die überkopf geschweißt werden mußten, die geometrische Form

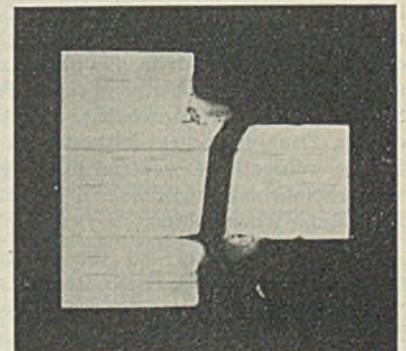


Bild 16. Dauerbruch an der Stirnkehlnaht des Probestabes 3e, 1.

des Nahtquerschnitts ist für den Spannungsübergang sehr ungünstig. Als gefährlich ist dieser Umstand besonders dann anzusehen, wenn bei Stabverbindungen die Querschnitte des gestoßenen Teils und der Laschen nicht sehr verschieden sind. Bei Stirnkehlnähten gibt ein allmählich verlaufender Übergang von Nahtoberfläche zur Blechoberfläche die beste Gewähr für gutes dynamisches Verhalten. Man wird mit Rücksicht auf diese Umstände z. B. bei Überkopfschweißungen oder bei fehlendem Querschnittsüberschuß im Stab an den Laschenenden unter Umständen von der Anordnung der Stirnkehlnaht abgehen.

Der meistens beobachtete Anbruch von den Flankennahtenden aus wirft die Frage auf, ob bei Verwendung dehnfähigerer Drähte für die Schweißung ein besseres Ergebnis zu erzielen ist. Nach den Ergebnissen mehrerer im Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, durchgeführter Versuchsreihen an Flankennahtverbindungen mit blanken und umhüllten Drähten muß diese Frage verneint werden. Der Einfluß der Formgebung ist bei diesen Verbindungen so überwiegend, daß die mechanischen Eigenschaften des Schweißgutes zurücktreten. Der Draht und die Schweißung sind die geeignetsten, die an den Nahtenden einen möglichst allmählichen Übergang herstellen oder bei Stirnkehlnähten einen allmählichen Auslauf der Nahtoberfläche in die Blechoberfläche ermöglichen.

Die Nahtbemessung hat sich als vollkommen ausreichend erwiesen. Die Feststellung über die Kraftverteilung berechtigt die Bemessung unter der Annahme, daß nur $\frac{2}{3}$ der Verkehrslast den Nähten zuzuweisen ist. Die Nahtbeanspruchung ergab sich hierfür ohne Berücksichtigung der Wechselformel zu 470 kg/cm^2 , unter Anwendung dieser rechnerisch zu 700 kg/cm^2 , während heute nach DIN 4100 $0,65 \cdot 1400 = 910 \text{ kg/cm}^2$ zulässig sind. Nach den Versuchsergebnissen empfiehlt es sich, vor allem um den Nahtanfang möglichst weit hinter die ersten Nietreihen zurücksetzen zu können, die zugelassenen Nahtspannungen gerade bei kombinierten Verbindungen möglichst stark auszunutzen. Die vielleicht daraus entspringende etwas größere Belastung der Nietung kann als ungefährlich angesehen werden.

F. Zusammenfassende Beurteilung der Ergebnisse für statische und dynamische Beanspruchungen im Bauwerk.

Die Beurteilung nach den Ergebnissen der statischen und dynamischen Versuche führt zu verschiedener Bewertung der einzelnen Anordnungen. Verbindungen, die sich statisch ausgezeichnet verhalten, zeigen im Dauer-versuch oft ein unbefriedigendes Verhalten. Die Verstärkung durch Schweißung, statisch außerordentlich wirksam, zeigt sich bei dynamischer Belastung von viel geringerem Einfluß für die Festigkeit. Das Verhalten von Stählen und Konstruktionsteilen gegenüber statischen und dynamischen Beanspruchungen hat vielfach zu entgegengesetzten Anschauungen über den Wert der verschiedenen Stähle und Verbindungsarten geführt. Tatsächlich kann in keinem Fall ein allgemein zutreffendes Urteil abgegeben werden. Man wird immer den Verwendungszweck, die Art der Beanspruchung im Bauwerk, als Grundlage für eine richtige Beurteilung heranziehen müssen.

Eine große Gruppe von Bauwerken oder Bauwerkteilen steht vornehmlich unter ruhender Last, bei anderen können große Kraftwechselwirkungen eintreten, jedoch in so großen zeitlichen Zwischenräumen, daß mit Rücksicht auf die Lebensdauer des Bauwerks eine Berücksichtigung der Dauerfestigkeit nicht notwendig ist. In vielen Bauwerken treten praktisch häufig große Wechselwirkungen ein, bei einem Teil dieser besteht aber geringe Wahrscheinlichkeit, daß alle die rechnerischen Kraftspitzenwirkungen erzeugenden Einflüsse häufig gleichzeitig eintreten. Bei anderen muß mit einer wesentlich größeren Wahrscheinlichkeit gerechnet werden, daß die Kraftspitzen oft in voller Größe erreicht werden. Nur bei diesen kann der in Versuchen ermittelte Dauerfestigkeitswert der Bemessung unter Einführung einer genügenden Sicherheitszahl zugrunde gelegt werden. Für die anderen Fälle ist der Dauerfestigkeitswert vorläufig Kennziffer wie die statische Festigkeit, die beide bei der Bemessung und baulichen Durchbildung zu beachten sind. Eine wichtige Aufgabe der Zukunft besteht darin, für die einzelnen Bauwerksgruppen, bei denen starke dynamische Einwirkungen in Frage kommen, die Häufigkeit der Spitzenwirkungen festzustellen. Bei Kenntnis dieser ist es möglich, an den in Dauerversuchen festgestellten Wöhlerkurven die Dauerfestigkeit für die während der voraussichtlich größten Lebenszeit eines Bauwerks wahrscheinliche Lastwechselzahl zu entnehmen und entsprechend bei der Bemessung zu verfahren.

In Bild 17 sind auf der linken Ordinatenachse die ermittelten statischen Festigkeiten, rechts die Dauerfestigkeitswerte für $N=2 \cdot 10^6$ Lastwechsel aufgetragen und für jede Anordnung die beiden entsprechenden Punkte durch eine Gerade verbunden. Diese Darstellung ist nichts anderes als eine schematisierte Wöhlerkurve, in der zur größeren Übersicht und Einfachheit die Wöhlerlinie als Gerade gezeichnet ist. Die Festigkeitswerte sind den Zahlentafeln 1 und 2 entnommen, in denen die

Bruchlast P_B und die Last P_A auf den geschwächten Querschnitt F_n bezogen wurden.

Die Abszisse ist in drei Bereiche eingeteilt worden, der Bereich I für Bauwerke mit vorwiegend statischer Beanspruchung oder mit Kraftwechseln sehr geringer Häufigkeit, der Bereich III für stark und häufig wechselnde Kraftwirkungen, der Bereich II für mittlere Verhältnisse. Es ist heute nicht möglich, dem einzelnen Bauwerk eine bestimmte Abszisse zuzuweisen, und aus praktischen Erwägungen wird auch in der Zukunft eine weitgehende Unterteilung der einzelnen Bauwerke nicht angängig sein. Bei der Bewertung von Versuchsergebnissen für die Praxis kann man aber nicht auf eine solche Betrachtung verzichten.

Man entnimmt dieser Darstellung die vorzügliche Eignung der Schweißung zur Verstärkung im Bereich I. Auch für hochgradig und häufig dynamisch beanspruchte Bauwerke kann bei richtiger Anordnung eine Verstärkung durch Schweißung erreicht werden. Ein Urteil über den Wert der einzelnen Verstärkungsanordnungen kann nur von Fall zu Fall abgegeben werden.

Im Bereich I — diesem wird man auch die Hauptträger von Straßenbrücken zuweisen — kann die Verstärkungsanordnung 3c und 3d durchaus empfehlenswert sein, während für starke und häufige dynamische Beanspruchungen von dieser Anordnung abzuraten ist. Hierfür erweisen sich die Anordnungen 3a und 3e bzw. 6 und 7 geeigneter.

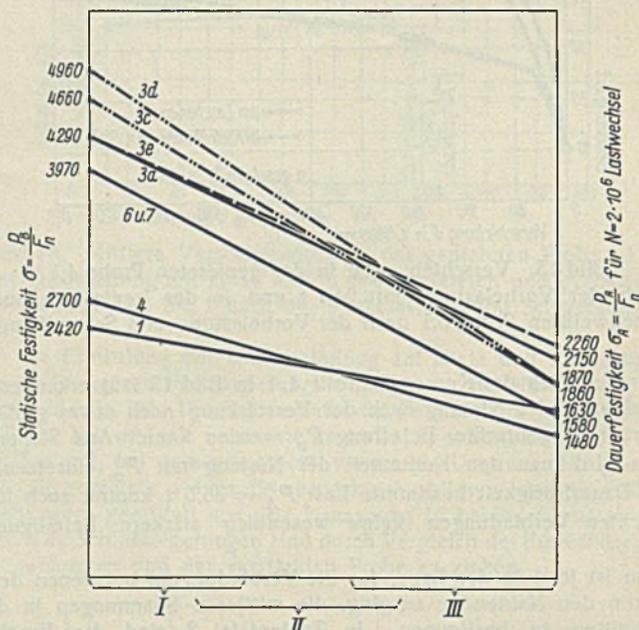


Bild 17. Statische und Dauerfestigkeit der Verbindungen.

Die Anordnungen 3a und 3e bzw. 6 und 7 sind in dieser Darstellung kaum verschieden. Für vorwiegend statische Belastungen wird man sie wohl immer als gleichwertig betrachten können. Für starke dynamische Einwirkungen ist die Auswahl nach dem Verhältnis der zu verbindenden Querschnittsflächen zu treffen, und zwar derart, daß bei nicht sehr verschiedenen Querschnittsgrößen die Anordnung nach 3a und 6 den Verbindungen nach 3e und 7 vorzuziehen ist. Hier ist Wert darauf zu legen, daß die auf möglichst kurze Länge symmetrisch zur Nietschwerlinie anzuordnenden Flankennahten in Querschnitten mit geringer mittlerer Beanspruchung beginnen und enden. Im Bereich III kommen die Anordnungen 3e und 7 vor allem bei Anschlüssen in Frage, bei denen die Knotenbleche einen starken Querschnittsüberschuß aufweisen, wobei wegen der zu befürchtenden Kerbwirkung am Stirnnahtansatz auf einen allmählichen Auslauf der Nahtoberfläche in die Blechoberfläche besonderer Wert zu legen ist. Mit Rücksicht darauf, daß sich die genieteten und geschweißten Probekörper mit Stirnkehlnähten, Reihen 3e und 7, bei den Dauerfestigkeitsversuchen in bezug auf die Festigkeit der Laschen gut verhielten, ist beabsichtigt, noch Ergänzungsversuche mit ähnlichen Schweißnahtanordnungen vorzunehmen. Es soll hierbei versucht werden, zu klären, welchen Einfluß die Stirnkehlnähte

- a) bei verschiedenartiger Formgestaltung des Stirnnahtquerschnitts,
- b) bei verschiedenen Querschnittsverhältnissen der zu verbindenden Teile

auf die Festigkeit des Stabes bei Laschenstößen oder auf die Festigkeit des Knotenbleches bei Stabanschlüssen haben.

Auf einen Umstand ist noch hinzuweisen. Die statische Festigkeit ist unabhängig von einer etwa vordem vorhandenen Grundspannung, die Dauerfestigkeit wächst dagegen mit der Grundspannung. Die sich aus der Darstellung in Bild 17 ergebenden Verhältnisse können sich bei

höheren Vorspannungen im Bereich III so heben, daß sie sich mehr den statischen Festigkeiten nähern. Die Verbindungen 3c und 3d können dann unter Umständen auch in diesem Bereich den anderen gleichwertig werden.

Im ganzen gesehen sind für die Festigkeit und Ausbildung von durch Schweißung verstärkten Nietanschlüssen eine ganze Reihe von Gesichtspunkten zu beachten, die hier angedeutet wurden, die sich aber nicht leicht in Bemessungsvorschriften zwängen lassen, da sie von den jeweiligen Verhältnissen sehr stark abhängen. Die Verstärkung von dynamisch stark beanspruchten Nietkonstruktionen durch Schweißung erfordert deshalb vor allem eine Kenntnis und Berücksichtigung der Kraftwirkungen und aller den Bruch beeinflussenden Faktoren.

Im einzelnen ist bei den verschiedenen Anordnungen folgendes zu beachten:

1. Beim Gebrauch der kombinierten Anordnung, besonders bei größerer Tragkraft ist stets darauf zu achten, daß die Unterlagen so angeordnet werden, daß die Last nicht auf den Wasserkasten drückt, er sonst abbrechen muß. Sonst aber stellt der Hebebock mit einem angebauten Wasserkasten (Bild 1) die einfachste und übersichtlichste Einrichtung dar, und wo es die Betriebsverhältnisse zulassen, ist seine Anwendung die sicherste.

2. Ist jedoch an der Angriffstelle des Druckzylinders kein Platz für die Aufstellung eines Bedienungsmannes oder den Ausschlag eines Pumpenhebels, und um Aufenthalt von Personen unter der sich bewegenden Last zu vermeiden, so macht sich die getrennte Anordnung erforderlich. Wasserkasten und Hebebock werden getrennt, die Förderung der Druckflüssigkeit erfolgt durch ein biegsames Stahl- oder Kupferrohr mit je einem Absperrventil vor Wasserkasten und Druckzylinder (Bild 2).

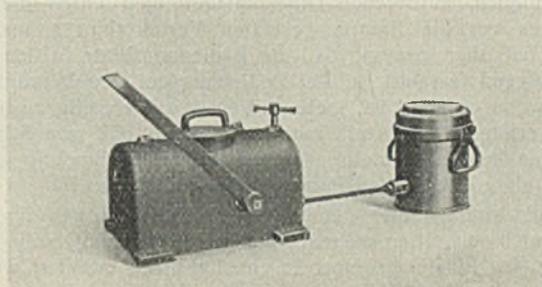


Bild 2. Getrennte Anordnung von Wasserkasten und Hebebock.

Die Absperrventile gestatten, die Pumpe auch vom Druckzylinder zu entfernen, wenn dieser unter Druck steht und belastet ist. Die Pumpe kann dann zur Betätigung anderer Hebeböcke verwendet werden.

Es muß verlangt werden, daß beim Heben der Lasten an geeigneter Stelle, am zweckmäßigsten neben jedem Hebebock ein Sicherheitsstapel aus Hartholzbohlen oder noch besser aus sauber gerichteten Blechplatten von 15 bis 20 mm Stärke eingebaut wird. Diese Stapel werden, dem Steigen der Last folgend, so erhöht, daß der Zwischenraum zwischen ihrer Oberkante und der Unterkante der Last während des Hebens der Last stets möglichst klein bleibt, damit die Last beim Versagen des Hebebocks schon nach kurzem Rückwege abgefangen wird und nur ein geringes Schiefstellen der Last eintreten kann.

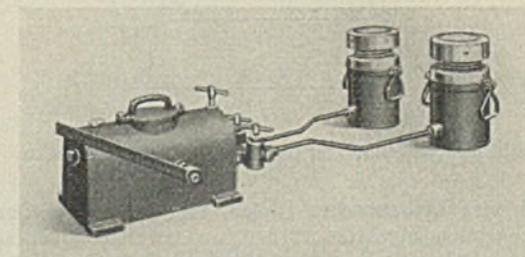


Bild 3. Hydraulische Hebeböcke mit Feststellvorrichtung für die gehobenen Kolben.

Auch Ausführungen von Hebeböcken mit unmittelbarer Sicherung des gehobenen Kolbens sind von den Lieferfirmen zu beziehen. Bei diesen Böcken wird das Feststellen des Kolbens bei längerem Verharren der gehobenen Last in einer Hubstellung durch Feststellen einer Sicherheitsmutter mit Gewinde am Hubkolben (Bild 3) ermöglicht. Eine Sicherung der Last ist auch dann erforderlich, wenn der beabsichtigte Lastenhub größer als der Hub der vorhandenen Winden ist, so daß die Winde auf einer entsprechend erhöhten Unterlage ein zweites Mal angesetzt werden muß. Am zweckmäßigsten wird man dabei mit doppelten Winden verfahren, so daß die zunächst bis zum vollen Hub beanspruchte Winde in

Richtlinien für die Verwendung hydraulischer Winden.

Von Dipl.-Ing. H. Sauerteig, Technischer Aufsichtsbeamter der Mitteldeutschen Eisen-Berufsgenossenschaft.

Die Verwendung hydraulischer Hebezeuge hat in den letzten Jahren eine wesentliche Zunahme erfahren, da die Vereinfachung und Erleichterung der Arbeitsweise durch Zuhilfenahme der Hydraulik Veranlassung gab, ihre praktische Anwendung auf immer neue Arbeitsgebiete zu erweitern. Neben den praktischen und wirtschaftlichen Vorteilen, wie Vermeidung kostspieliger und sperriger mechanischer Hebevorrichtungen und Ersparnis an Kosten für Spezialkonstruktionen, maschinelle Einrichtungen und Arbeitslöhne, stellt die hydraulische Arbeitsweise in vielen Fällen auch einen Fortschritt auf dem Gebiete der Unfallverhütung dar. Das gilt besonders dort, wo durch den Ersatz mechanischer Hebevorrichtungen und der zu ihrer Aufstellung erforderlichen Vorbereitungen gefährliche Transport- und Montagearbeiten überflüssig und eine Aufstellung der Hilfskräfte außerhalb des Gefahrenbereichs möglich werden. Voraussetzung dabei ist aber, daß bei Verwendung hydraulischer Hebezeuge sachgemäß verfahren wird, denn mit ihrer Verwendung treten andererseits auch neue Gefahrenquellen auf, denen entgegenzutreten ist. Hierzu ist genaue Kenntnis der Wirkungsweise der einzelnen Hebevorrichtungen, der Art ihrer Bedienung und Instandhaltung und der bei der Verwendung auftretenden Gefahren unerlässlich, die in der Praxis leider häufig nicht in dem erforderlichen Maße zu beachten ist.

Anordnung und Bedienung der Hebezeuge.

Im Hoch- und Tiefbau, besonders beim Schiffs- und Brückenbau haben sich in erster Linie die hydraulischen Hebeböcke¹⁾ eingeführt. Als Normalausführungen werden Hebeböcke mit einer Tragkraft von 5 bis 300 t geliefert, dabei sind drei Arten der Anordnung zu unterscheiden:

1. Hebebock mit angebautem Wasserkasten (kombinierte Bauart) (Bild 1),
2. Getrennte Anordnung von einem Druckzylinder und Wasserkasten (Bild 2),
3. Anschluß mehrerer Druckzylinder an einen Wasserkasten (Bild 3).

Der Druck wird durch Betätigung des am Wasserkasten angebrachten Handhebels der Pumpe erzeugt. Die Hebeböcke sind so eingerichtet, daß die Kraft eines Mannes von mittlerem Gewicht, auf den Handhebel ausgeübt, ausreicht, den vollen Hub und die volle Tragkraft des Druckzylinders zu erzielen. Sie können in dieser Weise sogar noch ein Übergewicht von 25% über die 11stenmäßige Tragkraft aufnehmen. Reicht die menschliche Kraft zur Betätigung der Pumpe aber nicht mehr aus, so ist das Hebezeug überlastet, und es muß ein Bock von größerer Tragfähigkeit verwendet werden. Keinesfalls darf mit Gewalt weitergearbeitet

oder gar durch Aufstecken eines Rohres auf den Handhebel versucht werden, einen höheren Druck auszuüben, da hierdurch der Bock überlastet wird und auf die Dauer ernstliche Beschädigungen unvermeidlich sind. Zur Vermeidung einer Überlastung können die Hebeböcke mit einem Sicherheitsventil mit Manometer ausgerüstet werden. Das Sicherheitsventil wird im Werk auf die vorgeschriebene Tragkraft eingestellt und öffnet sich selbsttätig bei Überlastung. Bei allen drei Arten der Anordnung ist die sichere Aufstellung der Hebeböcke Vorbedingung. Bei unzureichenden natürlichen Unterlagen muß unterklotzt und dabei

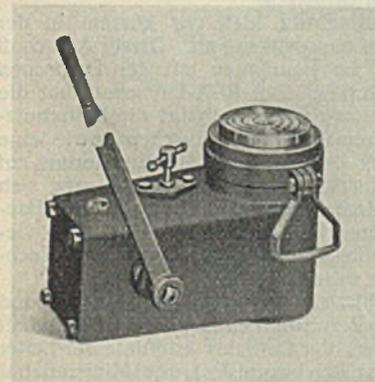


Bild 1. Hydraulischer Hebebock mit angebautem Wasserkasten.

die Standsicherheit des Unterbaues genau beachten werden.

Die Stapel, auf denen die Hebeböcke stehen, sind aus scharfkantigen Harthölzern (Buche oder Eiche) herzustellen; empfehlenswert sind quadratische Hölzer, deren Höhe etwa 2 cm niedriger als die Hubhöhe der Böcke bemessen wird. Für eiserne Stapel sind Eisenbahnschienen mit starkem Stög zu wählen, die Höhen der einzelnen Schienen müssen gleich sein. Es ist Vorsorge zu treffen, daß das Heben gleichmäßig an allen Angriffspunkten erfolgt.

¹⁾ U. a. finden auch Perpetuum-Hebeböcke Verwendung.

gesichertem Zustand stehenbleiben kann, bis die zweite, auf einer Unterlage angesetzt, die Last übernimmt und weiter hebt. Auch hier ist auf die Standsicherheit der Unterlagen und erforderlichen Abstützungen großer Wert zu legen.

3. Für besondere Verwendungszwecke können auch mehrere Druckzylinder gleichzeitig an einen gemeinsamen Wasserkasten angeschlossen werden (Bild 3). An die Handpumpe wird ein Verteilungsstück mit zwei oder mehreren Anschlüssen für die Zuleitungen zu den Hebeböcken angeschlossen. Diese Anordnung muß sich jedoch auf solche Fälle beschränken, bei denen die Böcke dicht beieinander arbeiten oder eine gleichmäßige Verteilung der Last auf mehrere Kolben in jedem Falle gewährleistet ist und eine Verschiebung der Belastung auch durch von außen einwirkende und nicht vorauszusehende Kräfte unmöglich ist. Diese Voraussetzungen sind aber nur selten gegeben. In allen anderen Fällen ist es gefährlich, mehrere Druckzylinder an eine gemeinsame Pumpe anzuschließen, und es ist dringend vor dieser Arbeitsweise zu warnen, die in der Praxis schon zu Unfällen und Sachschäden geführt hat.

Die gemeinsam angeschlossenen Winden beeinflussen sich gegenseitig durch Flüssigkeitsaustausch. Das Preßwasser aus der Pumpe hebt immer den Kolben der Winde mehr oder ausschließlich, der weniger belastet ist. Die andere Winde hebt sich weniger oder gar nicht. Dieser Flüssigkeitsaustausch geht sogar so weit, daß bei einem entsprechenden Lastenunterschied auf den Winden die weniger belastete durch die stark belastete gehoben wird, wobei die letzte um das entsprechende Maß absinkt. Das geht leicht und rasch vor sich, da nur die geringe Kolbenreibung in den beiden Zylindern zu überwinden ist. Die Gefahr des Kippens oder Abrutschens der Last in einem solchen Falle ist offensichtlich. Theoretisch wäre es möglich, auftretende Druckumlagerungen durch die Regulierventile eines vor die Pumpe gesetzten Verteilerblocks auszuschalten. Die Praxis hat aber gezeigt, daß die Bedienungsleute in den seltensten Fällen genügend Geschick in der Bedienung der Regulierventile haben, besonders wenn es nötig ist, mehrere Ventile gleichzeitig zu beobachten. Außerdem erfolgt der Einsturz meist so schnell, daß zum Schließen der Ventile keine Zeit mehr bleibt. Deshalb ist die Verbindung jedes Hebebockes mit einer besonderen Pumpe stets vorzuziehen.

Die Auswirkung einer gemeinsamen Kupplung von hydraulischen Winden durch unvorhergesehene äußere Einwirkung soll durch die Schilderung des Einsturzes einer Eisenbahnbrücke erläutert werden, bei dem mehrere Personen verletzt wurden.

Unfallhergang.

Eine aus Stahlkonstruktionen bestehende Eisenbahnüberführung (Bild 4) sollte durch eine neue ersetzt werden.

Um den Eisenbahnbetrieb aufrechtzuerhalten, sollte die Brücke vor das zweite Gleis auf den Pfeiler nach hinten verschoben und an ihre bisherige Stelle die neue Konstruktion eingesetzt werden. Das Verschieben der Brücke sollte auf einer Rollbahn aus Trägern und Rollen vorgenommen werden, die an beiden Enden zwischen Brückenlängsträgern und den als Auflage dienenden Absatz im Brückenpfeiler untergeschoben werden sollte. Das hierzu erforderliche Anheben der Brücke

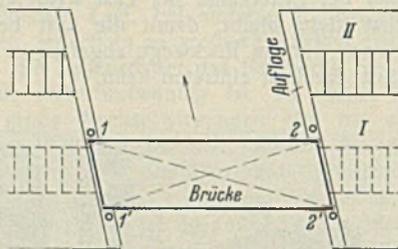


Bild 4. Lageplan der zu verschiebenden Brücke.

erfolgte durch vier hydraulische Winden, die unter zwei Querträger an beiden Brückenenden angesetzt wurden, und zwar befanden sich auf der linken Seite zwei Hebeböcke (1 und 1'), die gemeinsam in der oben geschilderten Weise durch Kupferrohrleitung mit einer Wasserdruckpumpe verbunden waren, während rechts zwei Winden (2 und 2') standen, von denen jede mit einer besonderen Pumpe unmittelbar verbunden war (Bild 4). Nachdem auf der rechten Seite die Rollbahn bereits eingeschoben war — die Brücke ruhte dort noch auf den Winden und war außerdem von einem Aufbau von Holzklotzern gesichert —, reichte auf der linken Seite der Hub noch nicht aus, obgleich man schon zwei Hölzer von etwa 20 cm Höhe unter die Hebeböcke gebracht hatte. Beim Weiterpumpen stieg aber der Kolben von Winde 1 nicht weiter, während sich der Kolben 1' weiter hob, was auf die größere Belastung bei 1 infolge des schiefen Grundrisses der Brücke zurückzuführen ist. Der Unterbau wurde durch die Schiefstellung der Brücke weggedrückt, und diese kam von 1 aus ins Rutschen und stürzte in die Tiefe.

Die Untersuchung des Unfalls hat ergeben, daß sich die hydraulischen Hebezeuge in tadellosem Zustand befunden haben. Die Ursache des Brückeneinsturzes war also nicht in dem Versagen einer Winde zu suchen, wie zunächst angenommen wurde, sondern ausschließlich darin, daß zwei Hebeböcke an eine Pumpe angeschlossen worden waren.

Instandhaltung und Füllung der Hebezeuge.

Die hydraulischen Hebezeuge sind vor jeder Inbetriebnahme genau zu prüfen, besonders wenn sie längere Zeit unbenutzt waren. Werden sie für eine Zeitlang der regelmäßigen Benutzung entzogen, so empfiehlt es sich, die Wasserkasten stets mit einer geeigneten Flüssigkeit zu füllen, die das Rosten des Metalls und Einfrieren der Manschetten vermeidet. Dabei ist darauf zu achten, daß der Kolben ganz in den Zylinder herabgedrückt ist. Wenigstens einmal in der Woche sollte der Kolben hochgepumpt und wieder herabgedrückt werden, damit die Manschetten in Ordnung bleiben. Die Hebeböcke müssen von Zeit zu Zeit gereinigt und neu gefüllt werden. Dabei darf nur ein reiner Leinenlappen und nicht Werg oder ähnliches faseriges Material benutzt werden.

Besondere Gefahren bestehen bei der Verwendung von fremden alten Hebeböcken, die aus Gelegenheitskäufen von stillgelegten Werken herühren und zum Teil schon verbraucht oder längere Zeit ohne Pflege gewesen sind, so daß eine Gewähr für ihre Betriebsicherheit nicht besteht. Die Erfahrung hat gezeigt, daß solche Hebeböcke oft in so schlechtem Zustande waren, daß eine Wiederherstellung, die für vollkommene Sicherheit bürgte, nicht mehr möglich, mindestens aber nicht mehr wirtschaftlich war.

Zahlreiche praktische Versuche haben gezeigt, daß eine Lösung von wässrigem Glycerin für hydraulische Anlagen die geeignetste Flüssigkeit darstellt. Wasser allein ist nicht zu empfehlen wegen der Gefahr des Einfrierens und Verrostens. Glycerin allein ist zu dickflüssig und verursacht mangelhaftes Funktionieren der Ventile. Für Schweröle gilt dasselbe in verstärktem Maße. Sie werden besonders bei niedrigerer Temperatur dickflüssig. Durch Abreißen der Flüssigkeitssäule im Saugventil entsteht hier ein Vakuum oder es wird Luft angesaugt, und die Preßpumpe arbeitet mit schlechtem Wirkungsgrad. Außerdem besteht bei Verwendung von Öl die Gefahr, daß die Kugel des Saugventils ganz verklebt und die Pumpe überhaupt nicht mehr arbeitet. Andere Flüssigkeiten zerstören entweder die Dichtung oder die metallischen Oberflächen.

Für das mitteleuropäische Klima wird daher eine Mischung von $\frac{1}{3}$ Glycerin und $\frac{2}{3}$ Wasser empfohlen, deren Gefrierpunkt bei -10°C liegt. Bei Verwendung der Anlagen in kalten Gegenden ist das Mischungsverhältnis entsprechend zu ändern. Bei gleichem Teil Wasser und Glycerin liegt der Gefrierpunkt bei -32° . Das günstigste Verhältnis ist bei 60 Gewichtsprozent Glycerin mit -35° erreicht. Reines Glycerin gefriert bereits bei -20°C . Die Mischung der Druckflüssigkeit muß vor dem Einfüllen in den Flüssigkeitsbehälter der Preßpumpe in einem sauberen Gefäß angesetzt und kräftig umgerührt werden. Zur Füllung der Pumpen darf nur reines Wasser, am besten Leitungswasser, verwendet werden, Wasser aus Bächen oder Flüssen ist zu verwerfen, es enthält sehr häufig feine Sandkörner, die zur Beschädigung der Ventile und damit zum Versagen der Hebeböcke führen.

Verschiedenes.

Der Reichsbauausschuß für Luftschutz hielt vor kurzem in der Technischen Hochschule Berlin die Eröffnungssitzung ab. Dieser Ausschuß ist vom Reichsminister der Luftfahrt im Benehmen mit der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen berufen worden. Der RBA-Luftschutz hat die Aufgabe, nach Richtlinien des Reichsministers der Luftfahrt die Luftschutzmaßnahmen auf dem Gebiet des Bauwesens zu erforschen sowie eine gutachtliche und beratende Tätigkeit für das Reichsluftfahrtministerium auf dem Gebiet der Luftschutzbaufragen auszuüben. Der Ausschuß setzt sich aus führenden Männern der bautechnischen Wissenschaften und der Bauwirtschaft zusammen. Die Leitung des Reichsbauausschusses ist dem Geheimen Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. Siegmund Müller von der Technischen Hochschule Berlin übertragen worden.

Zur Eröffnungssitzung waren zahlreiche Vertreter der Reichs- und Staatsministerien sowie der beteiligten Verwaltungen und der Bauwirtschaft erschienen. Namens des Reichsministers der Luftfahrt eröffnete der Leiter der zivilen Luftschutz-Abteilung im Reichsministerium, Ministerialrat Dr.-Ing. ehr. Knipfer, die Sitzung und überbrachte die Grüße des Reichsministers der Luftfahrt. Gleichzeitig dankte er der Deutschen Gesellschaft für Bauwesen und den beteiligten Sachverständigen für ihre Bereitwilligkeit zur Mitarbeit und erläuterte die Arbeitsziele des Reichsbauausschusses für Luftschutz. — Anschließend folgten Vorträge und die erste Arbeitssitzung, die sich bereits mit besonderen Fragen aus dem Gebiet des zivilen Luftschutzes im Bauwesen beschäftigte.

INHALT: Einiges über statische und dynamische Einflüsse auf Grund der an der Mannheim-Ludwigshafener Rheinbrücke angestellten Messungen. — Über die statische Festigkeit und die Dauerfestigkeit genieteter, vorbelasteter und unter Vorlast durch Schweißung verstärkter Stabanschlüsse. (Schluß). — Richtlinien für die Verwendung hydraulischer Winden. — Verschiedenes: Der Reichsbauausschuß für Luftschutz.