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

Band: 2 (1936)

Artikel: Generalreferat

Autor: Klöppel, K.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-2865

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: 09.07.2025

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

VII a

Generalreferat.

Rapport Général.

General Report.

Dr. Ing. K. Klöppel,
Leiter der technisch-wissenschaftlichen Abteilung des Deutschen Stahlbau-Verbandes, Berlin.

Neben dem steten Bestreben um Steigerung der Wirtschaftlichkeit einer Bauweise haben in den letzten Jahren die Bemühungen um die schönheitlich befriedigende Gestaltung unserer Brückenbauten die Entwicklung und Anwendung der Stahlbauweise entscheidend gefördert. Heute wird in Würdigung des kulturellen Wertes einer Brücke nicht selten der schönheitlich überragende Entwurf einer Brücke auch dann ausgeführt, wenn er nicht die billigste Lösung der vorliegenden Aufgabe darstellt. Damit soll natürlich nicht gesagt sein, daß den ästhetischen Forderungen des Brückenbaues früher noch nie genügend Beachtung geschenkt worden sei; denn jenen Brückenbauern, die Ingenieur und Architekt in einer Person waren, aber auch die volle Entscheidungsfreiheit eines eigentlichen Bauherrn besaßen, verdanken wir Brücken, deren schönheitliche Werte über jeden Zweifel und Zeitgeschmack erhaben sind. Darüber hinaus bewundern wir auch die Kühnheit der Ingenieure, die um die Mitte des vorigen Jahrhunderts weitgespannte Brücken, wie etwa die Britannia-Brücke oder die Weichselbrücken im deutschen Osten erbaut haben. Wir wollen uns in Anerkennung des überragenden Wertes der künstlerischen Gestaltung einer Brücke heute auch nicht über diejenigen Ingenieure stellen, die, mitgerissen von dem begeisternden Aufschwung der Statik vor und um 1900, in der Beherrschung statisch schwieriger Tragsysteme und in der Wahl des Tragkörpers geringsten Baustoffaufwandes ihr Hauptziel erblickten. Ein heute nahezu vollendeter, in erster Linie am Eisenbau entwickelter Ausbau der Statik ließ die Schwierigkeiten jener Zeit, die zwangsläufig zu einer Trennung von Ingenieur und Architekt führen mußte, nur zu leicht vergessen. Eine solche Einstellung schützt vor überheblicher Betrachtung mancher alten Fachwerkbrücke, die, wie etwa die klassische Auslegerbrücke Gerbers über den Main bei Haßfurt wohl in ihrer „mathematischen" Form überlebt ist, aber einen außerordentlich wertvollen und damit auch achtunggebietenden Markstein in der Geschichte des Großbrückenbaues darstellt. Gegenüber dieser statisch fruchtbaren Zwischenzeit sind wir heute auf Grund des hohen Entwicklungsstandes der Eisenhütten- und Walzwerkstechnik, sowie des Stahlbaues und der Statik in der glücklichen Lage, die Bewältigung technischer Schwierigkeiten den gestaltenden Brückenbauaufgaben weitgehend unterzuordnen. Erinnert sei z. B. an die Einhaltung gleichgroßer, gut wirkender Abstände der lotrechten Stegblechaussteifungen an den Außenseiten vollwandiger Brücken,

indem die stellenweise zusätzlichen lotrechten Aussteifungen und die bei großen Biegungsbeanspruchungen hoher Träger besonders wirksamen waagerechten Aussteifungen an die Innenseite der Stegbleche verlegt werden. — Das Auge ist wieder klar für die Schönheit reiner Formen. So entstand auch wieder der Drang zu einer Zusammenarbeit von Ingenieur und Architekt. Diese erschöpft sich aber nun nicht mehr nur in der Angabe architektonischer Zutaten, sondern der Architekt hilft jetzt selbst *Einzel*konstruktionen stählerner Brücken, wie z. B. Fußwegauskragungen als Seitenabschlüsse des Tragwerkes gestalten. Darin darf wohl ein wesentlicher Fortschritt, vielleicht sogar die entscheidende Wendung auf diesem heiß umstrittenen Gebiet erblickt werden. Damit wäre zum Segen des Stahlbaues die Zeit überwunden, da der Stahl dem Architekt ein fremder Baustoff war, an dessen Konstruktionen er sich nur ungern und dann vielfach nicht glücklich vergriff. Dieser letztjährige Fortschritt hatte allerdings eine bereitwillige Vertiefung des Architekten in statische und konstruktive Grundfragen des Ingenieurs zur Voraussetzung.

Unbeschadet der subjektiven Einstellungen zur Frage des schönheitlichen Wertes einer Brücke gelten die ehernen Gestaltungsgesetze der Natur: Eurythmie und Symmetrie. Ihre Erfüllung, die den Baumeistern die Anerkennung aller Zeiten sichert, wird naturgemäß mit der einfachsten Form des Tragkörpers am ehesten erreicht. Hier paaren sich Schönheit und Zweckmäßigkeit, sofern man unter dieser nicht die Lösung der vorliegenden Aufgabe mit dem Geringstaufwand an Baustoffen versteht, sondern die in ihrer Bedeutung vom Fachmann meist weit unterschätzte Allgemeinverständlichkeit der Wirkungsweise des Tragwerkes. Daher ist es folgerichtig, wenn im Zuge der Reichsautobahnen der Balken als einfachster Tragwerkskörper vorherrscht, nachdem uns nunmehr der Entwicklungsstand der Technik die wirtschaftliche und schnittige Ausführung balkenförmiger Überbauten mit obenliegender Fahrbahn auch für solche Spannweiten erlaubt, die früher Bogenbrücken oder kombinierten Tragwerkssystemen vorbehalten blieben. In Deutschland sind Meisterwerke dieser Brückenart entstanden, z. B. die Mangfallbrücke bei Darching (s. Fig. 10, S. 1374 des Vorberichtes). Bei dem später entstandenen ähnlichen Talviadukt in der Nähe von Siebenlehn (Fig. 1) ist man zur Umkleidung der schlanken Betonpfeiler mit

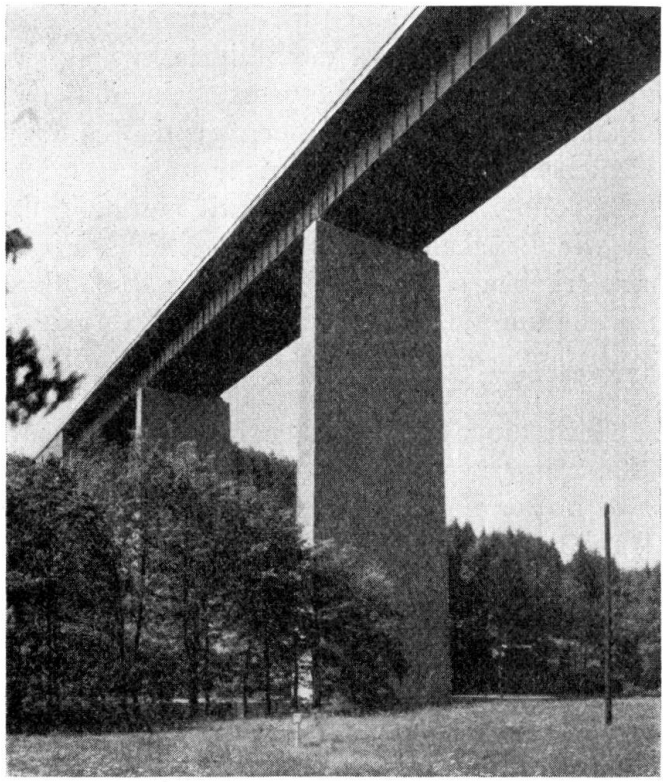


Fig. 1.
Reichsautobahnbrücke bei Siebenlehn.

Naturstein übergegangen, die mit ihrer lebhaften Gliederung und abwechslungsreichen Farbtönung zu der ruhigen Fläche des straffen Bandes der stählernen Brücke in einem reizvollen Gegensatz stehen. Neuartig ist auch die Ausbildung stählerner Brückenstützen als vollwandige einfache Portale (s. Fig. 17, S. 1381 des Vorberichtes). Überwältigend kühn und schlank wirken diese hohen, insbesondere dem Waldcharakter gut angepaßten Stützen, gleichsam die Leichtigkeit der Bewältigung des Kräftespieles verkörpernd und die bei weitem nicht ausgenutzte Leistungsfähigkeit des Stahles andeutend.

Ermöglicht die organische Gestaltung der Deckbrücke eine solche Vergrößerung der Hauptträgerhöhe, daß ein Fachwerk in Betracht kommt und sprechen Höhen- und Längenabmessungen des Profiles nicht dagegen, so sollte das Fachwerk nicht nur etwa aus Gründen der Baustoffersparnis, sondern auch

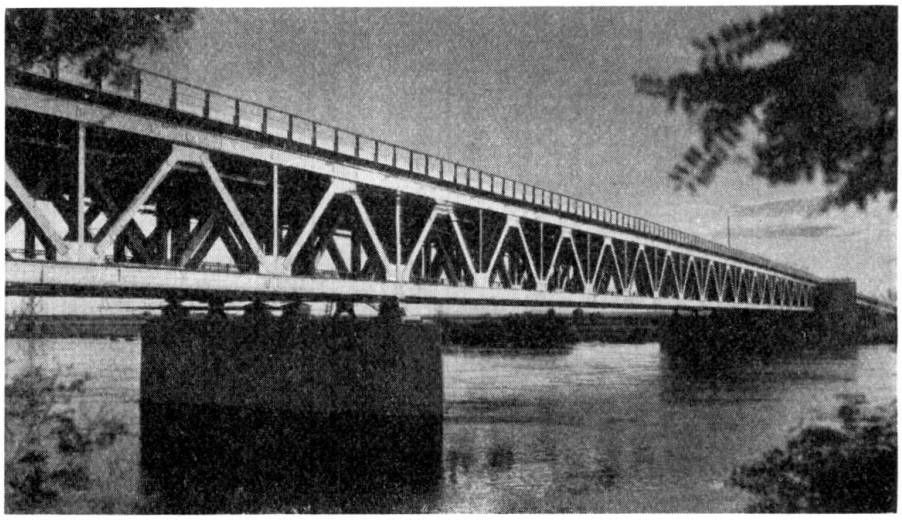


Fig. 2.
Reichsautobahnbrücke bei Hohenwarthe.

wegen seiner schönheitlichen Wirkung in Erwägung gezogen werden, weil es darin vollwandigen Deckbrücken offenbar nicht unterlegen ist (s. Fig. 2). Irrtümlicherweise wird allgemein angenommen, die Architekten seien schlechthin Gegner des Fachwerkes, während sie aber in Wirklichkeit dessen abwechslungsreiche Ausdrucksfähigkeit schätzen und diese ornamental wirkende Beherrschung des Kräftespieles bewundern. Gerade in der Wahl der harmonischen Gliederung des Fachwerkes — unter Beachtung der leider früher oft vernachlässigten Rücksichtnahme auf das von der Umgebung diktierte Maßstabsverhältnis — könnten der Zusammenarbeit von Architekt und Ingenieur schöne Erfolge beschieden sein. Vielleicht scheute man sich auch nicht, einmal am passenden Ort auf engmaschige Fachwerke zurückzugreifen. Die bekannten Einwände gegen diese Tragsysteme, die sich in unübertrefflicher Bescheidenheit in schöne Waldtäler einfügen, sind heute nicht mehr stichhaltig. Unverständlich wäre es, wenn die Stahlbauingenieure das Fachwerk als ureigenste und rechnerisch am besten beherrschbare Tragwerksform des Stahlbaues gestaltlich nicht weiter pfleglich entwickeln würden. Bei größeren Spannweiten, wo der balkenförmige Hauptträger nur oberhalb der Fahrbahn liegen kann und das Fachwerk ohnehin nicht

zu entbehren ist, wurde seine Durchbildung schon meisterhaft vervollkommnet (s. Fig. 22, S. 1383 des Vorberichtes).

Von den übrigen Grundformen der stählernen Überbauten ist der fachwerkartige Bogen mit aufgehängter Fahrbahn bei sehr großen Spannweiten (etwa 500 m) im letzten Jahrzehnt mit Vorteil angewandt worden (z. B. Sidney-Brücke). Hier entscheidet — wie einst in weiter zurückliegenden Zeiten schon bei 100 m weitgespannten Brücken — die Bewunderung der Kühnheit des Überbaues über den Erfolg der augenscheinlichen Beurteilung. Bei Stützweiten von etwa 300 m würden sicherlich auch schlanke *vollwandige* Ausführungen des Bogens ästhetisch sehr befriedigen. Wo sehr kleine Bauhöhen und Beschränkungen des Hauptträgerüberstandes über der Fahrbahn (Sichtmöglichkeit) selbst Balkenbrücken mit mehr als zwei Hauptträgern ausschließen,

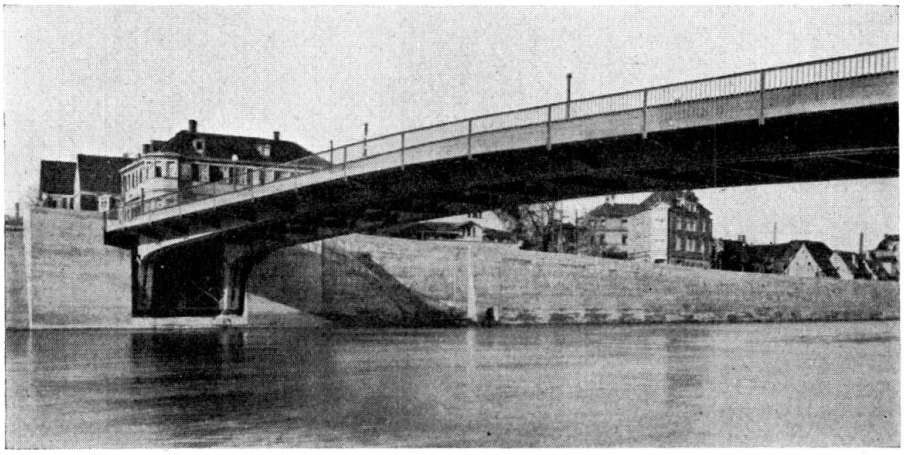


Fig. 3.
Wilhelmsbrücke über den Neckar in Cannstatt.

sollte sich der reine Bogen mit aufgehängter Fahrbahn auch bei Spannweiten unter 100 m wieder mehr durchsetzen. Offenbar wegen Baugrundschwierigkeiten begegnen wir hier in letzter Zeit öfter dem *Langer*'schen Balken.

Schwedens Mälarseebrücke, bereits z. T. geschweißt, deren lehrreicher internationaler Wettbewerb noch in bester Erinnerung sein dürfte, stellte den Stahlbau vor die dankbare, aber leider so seltene Aufgabe, eine breite Wasserfläche im Bogen mit aufgeständerter Fahrbahn zu überspannen (s. Fig. 1, S. 1351 des Vorberichtes). Hier gefallen auch die schönen Formen der Einzelkonstruktionen (s. Fig. 4, S. 1353 des Vorberichtes), unter denen die rohrförmigen Ständer, wozu die Schweißtechnik anregte, besonders bemerkenswert sind. Vielleicht wird das Rohr mit Hilfe der Schweißtechnik auch im Brückenbau wieder einmal eine größere Bedeutung erlangen.

Bei kleineren Spannweiten tritt in neuerer Zeit, da z. B. bei schiffbaren Wasserstraßen meist das größtmögliche rechtwinklige Lichtraumprofil unter der Brücke ausgenutzt wird, häufig die *Rahmenbrücke* (s. Fig. 3) an die Stelle des Bogens. Manche baulich, verkehrstechnisch und wasserbaulich schwierige Aufgabe konnte nur durch solche raumsparende Stahlbrücken befriedigend gelöst werden.

Schließlich wären noch kurz die *Hängebrücken* zu erwähnen. Amerika mit seinen überragenden Aufgaben des allein den Hängebrücken vorbehaltenen Großbrückenbaues begeistert die Fachwelt mit dem derzeitigen Bau der größten Brücke der Welt, die als Kabelhängebrücke die Bucht von San Franzisco mit der gewaltigen Stützweite von 1280 m überspannt (s. Fig. 4). Die Beliebtheit der Hängebrücken bei der Allgemeinheit und bei den Statikern im besonderen ist Grund genug für die letztjährigen Versuche, die Kosten dieser Überbauten so weit zu vermindern, daß sie auch für kleinere Spannweiten, wie sie auf dem europäischen Festlande zu überbrücken sind, wettbewerbsfähig werden. Durch Verfeinerung, Ergänzung und Anwendungserleichterung der „deflection-theory",[1] die der Tatsache Rechnung trägt, daß die elastischen Formänderungen den Versteifungsträger entlasten und seine Durchbiegung verringern, sind selbst bei im

Fig. 4.

Golden Gate-Brücke.

Boden verankerten Hängebrücken von 200 m Spannweite (ursprünglicher Entwurf der Wiener Reichsbrücke s. Fig. 2, S. 1300 des Vorberichtes) beachtliche Ersparnisse erzielbar. Bekanntlich ergibt diese wirklichkeitsgetreue Berechnung, die in entgegengesetzter Weise bei weitgespannten reinen Bogenbrücken zu einem — im Vergleich zu Hängebrücken allerdings geringeren — Mehraufwand an Baustoff führt, schon bei Spannweiten von etwa 350 m gegenüber der Näherungsrechnung eine Verringerung der Momente des Versteifungsträgers von mehr als 30 % und der Durchbiegung von sogar 50 %. Berücksichtigt man noch die Ersparnismöglichkeiten durch Verwendung von Leichtfahrbahnkonstruktionen (Verkleinerung des Verhältnisses von Verkehrs- zur Eigengewichtslast), so läßt sich eine häufigere Anwendung kleinerer Hängebrücken erwarten, vor allem dann, wenn es auch gelingt, den auf die Kabel entfallenden Preisanteil zu vermindern.

Damit ist schon der Übergang zu Wirtschaftlichkeits- und Entwicklungs-

[1] *H. Bleich:* Berechnung verankerter Hängebrücken; Verl. Springer 1935. — *F. Stüssi:* Abhandlungen IVBH, 4. Band 1936. — *W. Blick:* VDI-Zeitschrift 1933, Bd. 77, Nr. 34, S. 921.

fragen des Stahlbaues hergestellt. Hier werden der *hochwertige Stahl,* dem wir im übrigen manche durch ihre Schlankheit schön wirkende Balkenbrücke verdanken, die *Schweiß*technik und als Folge davon der *Leichtbau* die wichtigsten Rollen spielen.

Nach neuzeitlichen Dauerversuchen[2] bieten die Güteziffern des statischen Versuchs keinen Maßstab für die Dauerfestigkeit der verschiedenen Baustahlsorten und Stahlbauelemente. So ist bei reiner Ursprungsbelastung die ertragbare Schwingungsweite der Beanspruchungen bei St. 52 nicht sehr viel größer als bei St. 37. Andererseits ist die Eignung des St. 52 für Dauerbeanspruchungen mit so großer Grundspannung erwiesen, die bereits über der Streckgrenze des St. 37 liegt. Deshalb wird dem St. 52 z. B. in den deutschen Vorschriften für Eisenbahnbrücken durch den Verlauf der Linie seiner zulässigen Spannungen in Abhängigkeit vom Verhältnis der Größt- zur Kleinstspannung (s. Fig. 5) sein hauptsächliches Anwendungsgebiet für Tragteile mit großer Grundspannung (z. B. infolge ständiger Last) zugewiesen, wofür er auch seinerzeit aus den Bedürfnissen des Großbrückenbaues herausgeschaffen wurde. Für diese Beanspruchungsverhältnisse wäre durchaus — selbstverständlich unter ausreichender Berücksichtigung der Stabilitätsfragen — eine Erhöhung der zulässigen Spannungen des St. 52 mit demselben Recht zu vertreten, mit dem die zulässigen Beanspruchungen des St. 52 bei Eisenbahnbrücken im Wechsel- und unteren Schwellbereich herabgesetzt werden mußten. Folgerichtig hätten davon auch Straßenbrücken und Hochbauten ihren Nutzen.

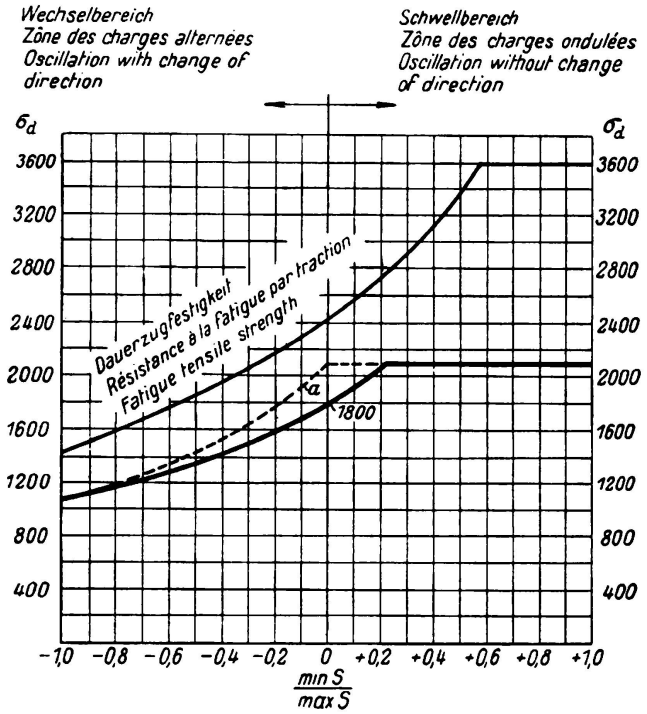


Fig. 5.

Zulässige Beanspruchungen nach BE „Berechnungsgrundlagen für stählerne Eisenbahnbrücken" (starker Verkehr) und Dauerzugfestigkeit für genietete Stäbe aus St. 52/14. Kurve a gilt, wenn max S eine Druckkraft ist.

Problematisch ist nach wie vor der Übertragungsmaßstab der auf Pulsationsmaschinen an kleinen Prüfkörpern gewonnenen Ergebnisse auf die Konstruktionen und Beanspruchungsverhältnisse des Bauwerkes. Wenn wir auch wissen, daß die Belastungsfrequenz in den uns interessierenden Bereichen und vielleicht auch die Betriebspausen keine Rolle spielen, bleiben noch viele Fragen offen. Platzmangel verbietet das nähere Eingehen auf diese Dinge, die letzten Endes auch die Weiterentwicklung unserer Vorschriften entscheidend beeinflussen werden. Es sei nur festgestellt, daß wir uns nach den Erfahrungen mit der heutigen Verwertung der Dauer-

[2] U. a. *Klöppel:* Gemeinschaftsversuche zur Bestimmung der Schwellzugfestigkeit voller, gelochter und genieteter Stäbe aus St. 37 und St. 52; „Stahlbau" 1936, Heft 13/14, S. 97.

versuchsergebnisse für die Bemessungsvorschriften auf der durchaus sicheren Seite befinden.

Mit den bisherigen Begriffen: Streckgrenze, Bruchfestigkeit, Bruchdehnung und Einschnürung können wir das unterschiedliche Verhalten unserer Stähle bei Dauerbeanspruchung und manche andere die Zuverlässigkeit einer Konstruktion bestimmende Beobachtung nicht erklären, wie etwa die Tatsache, daß die Wirkung der Spannungsspitzen wächst, wenn die Größe der Prüfkörper unter Wahrung ihrer geometrischen Ähnlichkeit und der gleichmäßigen Krafteinleitung zunimmt. Diesen Fragen, die die Grundlagen des Stahlbaues angehen, ist nur mit Hilfe der *Werkstoffmechanik* beizukommen. Ihre Heranziehung als Beurteilungsgrundlage für die Sicherheit einer Konstruktion setzt sowohl deren Beherrschung im Sinne der mathematischen Elastizitätslehre als auch die Kenntnis der allgemein statischen, konstruktiven und herstellungstechnischen Grundlagen des betreffenden Anwendungsgebietes voraus. Daher ist der Stahlbauingenieur für die nützliche Anwendung der Werkstoffmechanik auf seinem Fachgebiet unentbehrlich. Er allein ist in der Lage festzustellen, welche der von ihm zu erarbeitenden Ergebnisse geeignet sind, die erkannten Lücken der Grundlagen des weiter zu entwickelnden Stahlbaues zu schließen. Er muß sich damit befreunden, daß die Werkstoffmechanik von den physikalisch-strukturellen Gegebenheiten ausgeht, die aber in Abhängigkeit von dem Verformungsmechanismus, der über die Begrenzung der Widerstandsfähigkeit durch Kohäsionsfestigkeit oder Gleitwiderstand entscheidet, die Wirksamkeit der nur gestaltlich bedingten Spannungsspitzen an Kerben beeinflussen. Auch um mit der vorauseilenden Verfeinerung unserer Berechnungsverfahren wieder Schritt halten zu können, ist eine Vertiefung unserer Kenntnisse über den jeweiligen tatsächlichen Widerstand des Werkstoffes erforderlich. In dieser Hinsicht gewinnt auch die Plastizitätsforschung über den engeren Zweck des Kongreßthemas I hinaus einen mittelbaren, zusätzlichen Wert.

Die Möglichkeiten der Wirtschaftlichkeitssteigerung des Stahlbaues durch die *Schweißtechnik* sind durch die erfreulichen Gewichtseinsparungen nur angedeutet. Hier stehen wir erst am Anfang der Entwicklung, die in stärkerem Maße umstürzlerisch sein wird, als es in dem Ersatz des Nietanschlusses durch Schweißnähte bisher zum Ausdruck kommt; denn die Schweißtechnik wird, wo es sich als vorteilhaft erweist, den Stahlbau zur monolithischen Bauweise entwickeln, die sich schon in den Ansätzen zum Leichtbau ankündet. Zu diesem Ziel führt ein beschwerlicher Weg, wozu aber die Erfolge der bisherigen außerordentlich raschen Entwicklung ermutigen, deren Stand durch die Anwendung vollständig geschweißter Baustellenstöße vollwandiger Eisenbahnbrücken (Rügendamm) und des alleinigen Stumpfstoßes bei Hauptträgern großer Reichsautobahnbrücken (z. B. Rüdersdorf) gekennzeichnet ist. Mit der zunehmenden Sicherheit im Schweißen von Stumpfnähten ist auch zu erwarten, daß stumpfgeschweißte Zug- und Biegeglieder auf Dauerfestigkeit spezifisch höher beansprucht werden dürfen als genietete, weil deren zulässige Beanspruchung die beträchtliche Kerbwirkung des Nietloches berücksichtigt, während gut durchgeschweißte Stumpfnähte mit sauber bearbeiteter Nahtoberfläche nahezu kerbfrei sind. Erst recht gilt diese Forderung für Walzträger, die an hochbeanspruchten Stellen nicht gebohrt sind.

Fast auf allen metallverarbeitenden Gebieten steht die konstruktive Entwicklung im Zeichen des *Leichtbaues,* der bereits zu einem Begriff neuer umwälzender Bestrebungen geworden ist. Keinesfalls sollte man darunter eine Art „Ersatzbauweise" verstehen, vielmehr eine höhere Stufe der Werkstoffausnutzung durch sinnvolle, den jeweiligen Eigenschaften der Werkstoffe angepaßte Formgebung der Konstruktionen, die dadurch leichter und dennoch widerstandsfähiger und formsteifer werden können als bisherige Tragwerksformen gleicher Zweckbestimmung. So wird durch Werkstoffentnahme eine Gütesteigerung erreicht! Bei einer umfassenden Betrachtung der Anwendung des Stahles darf an dieser Tatsache nicht vorübergegangen werden, zumal wir uns in der Entwicklung einiger Konstruktionselemente des Stahlbaues bereits dem Ziele des Leichtbaues nähern. Seine Bauelemente werden in erster Linie Bleche, Breitflachstähle, Rohre und Schweißnähte sein. Sofern nicht versuchsmäßig festgelegte Tragfähigkeitstabellen eingeführt werden können, erfordert die rechnerische Erfassung seiner tatsächlichen u. a. durch Monolithität und räumliche Wirkungen bedingte größere Tragfähigkeit die Elementarisierung schwieriger Berechnungsverfahren und die vorschriftsmäßige Zulässigkeit solcher Näherungsverfahren. Die Erfolge des Flugzeugbaues z. B. mit geschlossenen verdrehungssteifen Trägerquerschnitten sowie mit Stützen oder Tragwänden aus welligem Blech ermutigen trotz abweichender Forderungen des Stahlbaues über sparsamere aber nicht weniger widerstandsfähige Konstruktionsformen des Stahles nachzudenken. Eine solche Entwicklung auf lange Sicht nach derzeitigen Erfahrungen endgültig beurteilen zu wollen, wäre verfehlt, denn die wirtschaftliche Anwendung des Leichtbaues erfordert weitgehende betriebliche Umstellungen. Schon jetzt tauchen große Abkantmaschinen in den Stahlbauanstalten auf. Kalte Verformungen der Bleche — wodurch übrigens auch Walzprofile an Bedeutung stark zurücktreten werden — lenken die Aufmerksamkeit auf alterungsbeständigen Stahl. Ebenso verdient die Rostsicherheit dünner Bleche erhöhte Beachtung Die Überwindung der Schwierigkeiten des Übergangsstadiums sollte auch durch die Erkenntnis erleichtert werden, daß der Stahlbauweise durch den Leichtbau sicherlich Neuland erschlossen wird.

Im Straßenbrückenbau interessiert besonders die Entwicklung von *Leichtfahrbahnkonstruktionen.* Zu den Zielen dieser Bestrebungen gehört vor allem die zweckmäßige Anwendung des statisch plattenartig wirkenden, engmaschigen Trägerrostes, der erst seit Einführung der Schweißtechnik zur Erörterung steht. Wohl besitzen wir im Hängeblech (Buckel- und Tonnenblech) ein Tragelement, das die Platte im Stahlbau entbehrlich machen könnte, aber das Hängeblech hat doch einige Mängel, die gerade der Gewichtsverminderungen unserer Fahrbahnen im Wege stehen; einerseits ist es das beträchtliche Gewicht des Füllbetons und andererseits die Korrosionsgefahr, die gegeben ist, wenn die Hängebleche in größeren Grundrißabmessungen verwendet werden als bisher. Wesentlich größere Abmessungen der Hängebleche als bisher strebt man deshalb an, weil dadurch Träger des Fahrbahnrostes eingespart werden können, ohne daß der Vergrößerung des Hängebleches — zumal hierfür im allgemeinen kein rechnerischer Nachweis erfordert wird — festigkeitstechnische Schwierigkeiten entgegenstehen. Es ist dann jedoch zu befürchten, daß sich unter un-

günstigen Belastungen infolge zu starker Verformungen des Bleches, insbesondere des weniger formsteifen Tonnenbleches, der Beton vom Blech löst und Wasser eindringt. Wir kommen hierauf später nochmals zurück.

Um das tote Gewicht des Füllbetons der Hängebleche einzusparen, liegt es nahe, als Membranen wirkende Flachblechabdeckungen zu wählen, wie sie früher schon mehrfach bei beweglichen Brücken angewandt wurden. Sie erfordern bekanntlich einen sehr kleinen Längsträgerabstand. Zur Lösung solcher Aufgaben eignen sich geschweißte Trägerrostplatten, vielfach „Stahlzellendecken" genannt (Fig. 6). Ihre Tragfähigkeit und Formsteifigkeit, an Körpern der im

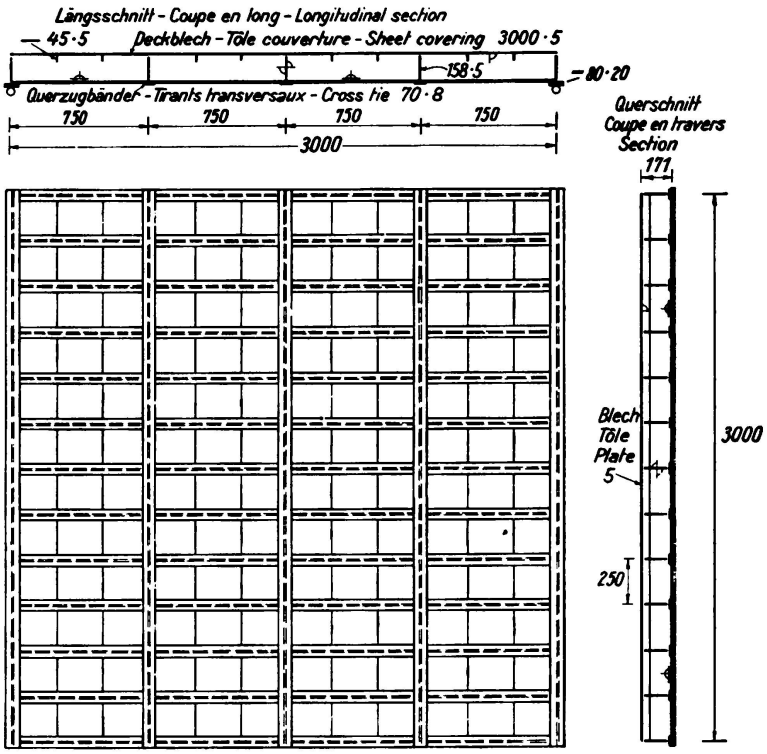


Fig. 6.
Prüfkörper. Versuche mit Trägerrostplatten.

Bild dargestellten Art ermittelt, sind hervorragend, ihre Herstellungskosten jedoch leider sehr hoch, wie allein schon die große Anzahl der geschweißten Anschlußpunkte erkennen läßt. Ähnliche Flachblechabdeckungen wurden aber doch schon mit wirtschaftlichem Erfolg bei Feldwegbrücken über Reichsautobahnen verwandt. Die geringe Bauhöhe der Leichtfahrbahnkonstruktionen ermöglicht auch eine Ersparnis an Kosten für Anrampungen und weitere Erdarbeiten, die mitunter bei kleineren Überführungsbrücken den Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Bauweisen zu Gunsten des Stahlbaues entscheiden kann. Der Prüfkörper (110 kg/m^2) nach Fig. 6 dient zunächst der Entwicklung eines einfachen Berechnungsverfahrens für derartige Trägerroste. Dabei kommt es vorerst auf die Feststellung der lastverteilenden Wirkung des plattenförmigen Körpers in Abhängigkeit von seinen Lagerungsbedingungen und konstruktiven Eigenarten an, damit ein einfaches wirklichkeitsgetreues und sparsames Berechnungsverfahren ähnlich demjenigen für kreuzweis bewehrte Eisenbeton-

platten in den Vorschriften verankert werden kann. Die ersten einschlägigen Stuttgarter Versuche lassen erhoffen, daß die Anwendung der in den deutschen Eisenbeton-Vorschriften enthaltenen Näherungsformeln für Platten mit Drillungssteifigkeit berechtigt ist, die bei diesen Tragkörpern durch geschweißte, verdrehungssteife Anschlüsse und Flachstabverstrebungen in den Plattenecken unschwer erreichbar ist. Es liegt auf der Hand, daß solche Flächentragwerke ganz allgemein ein wichtiges zusätzliches Tragelement des Stahlbaues darstellen, das vor allem auch im Hochbau Bedeutung erlangen kann.

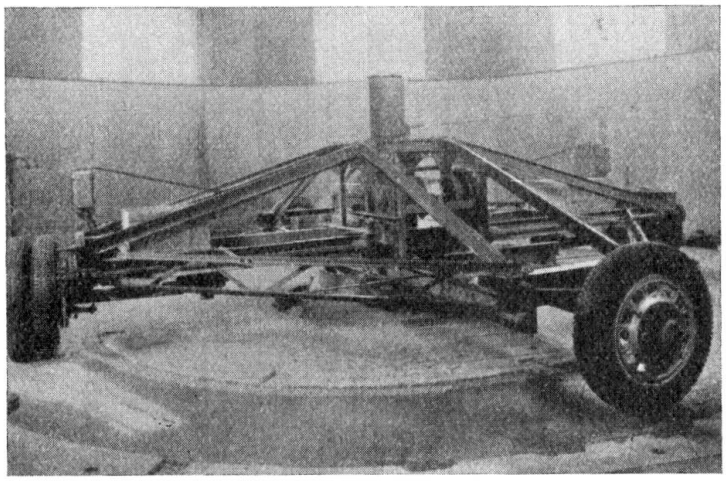


Fig. 7.
Rundlauf zur Prüfung von Fahrbahnbeläge auf Flachblechen.

Da auf Pflaster, Sand-, Eisenbetonschutz- und Isolierschicht ein Gewicht von etwa 450 kg/m² entfällt, also ungefähr die Hälfte des Gewichtes einer normalen Fahrbahn mit Eisenbetonplatte, wurde ferner untersucht, inwieweit man bei Flachblechabdeckung lediglich mit einer 4 cm dicken Binderschicht aus Gußasphalt und einer 3 cm dicken Verschleißschicht aus Hartguß-Asphalt mit Basaltsplitt, Brech- und Quarzsand als Zuschlagstoffe auskommen kann. Diese Prüfung erfolgte in der Materialprüfungsanstalt Stuttgart auf einem Rundlauf (Fig. 7). Die Flachbleche waren abschnittweise unterschiedlich steif gelagert, so daß unter gleicher Last die Durchbiegungen 0,11 und 0,6 mm betrugen. Nach einer Versuchsdauer, die etwa einem vierjährigen Verkehr einer stark befahrenen Straße entspricht, hatte sich der Belag, sofern er mit dem Blech durch Streckmetall verbunden war (Fig. 8), an keiner Stelle gelöst. Es ergaben sich auch keine Wellenbildungen, selbst an der weicheren Ptatte nicht. Witterungseinflüsse, die unter strengen Bedingungen nachgeahmt wurden, bewiesen die überraschend große Widerstandsfähigkeit dieser Beläge. Danach sind Leichtfahrbahnen mit 80 mm Höhe und 280 kg/m² Gewicht (ohne Längsträger) herstellbar (Fig. 9). Daß solche Ausführungen auch griffig, steif und wasserundurchlässig sein müssen ist selbstverständlich. Eine Reihe weiterer bemerkenswerter Sondervorschläge für Leichtfahrbahnkonstruktionen wird gegenwärtig geprüft. In Amerika, wo auch schon Stahl-

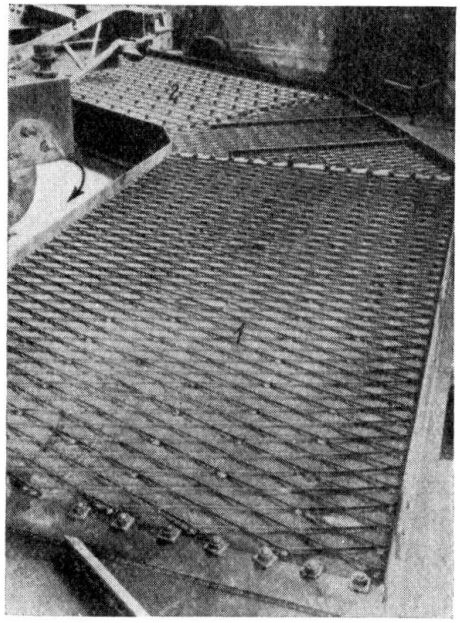


Fig. 8.
Flachblech mit aufgeschweißtem Streckmetall.

roste im offenen Zustand als Fahrbahnabdeckungen angewandt wurden, sind auch bereits Fahrbahnkonstruktionen aus Leichtmetall ausprobiert worden. Es fragt sich, ob diese Leichtmetallkonstruktionen die erforderliche Dauerfestigkeit aufweisen.

Bedenkt man, daß die Gewichte für Fahrbahnkonstruktionen einschl. Längsträger zwischen 1050 und 300 kg/m² schwanken können, so dürfte die Not-

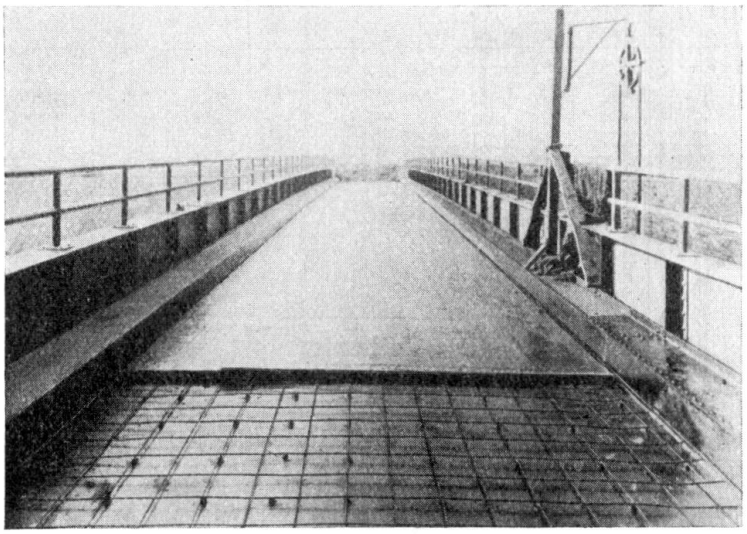
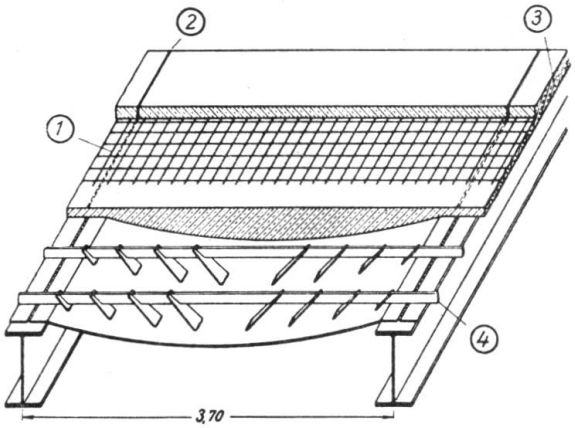


Fig. 9.

Leichtfahrbahndecke — Bauart Schaper.

wendigkeit dieser Bestrebungen außer Zweifel stehen, unbeschadet dessen, daß die Kosten für die leichteren Ausführungen häufig sehr viel größer sind als für die bisher übliche Fahrbahn. Man erfaßt das Wirtschaftlichkeitsproblem



(1) Mattenbewehrung auf den Flachstählen verlegt.

(2) Längsfugen über den Längsträgern.

(3) Beton 300 kg Zement/m² einschichtig eingebracht.

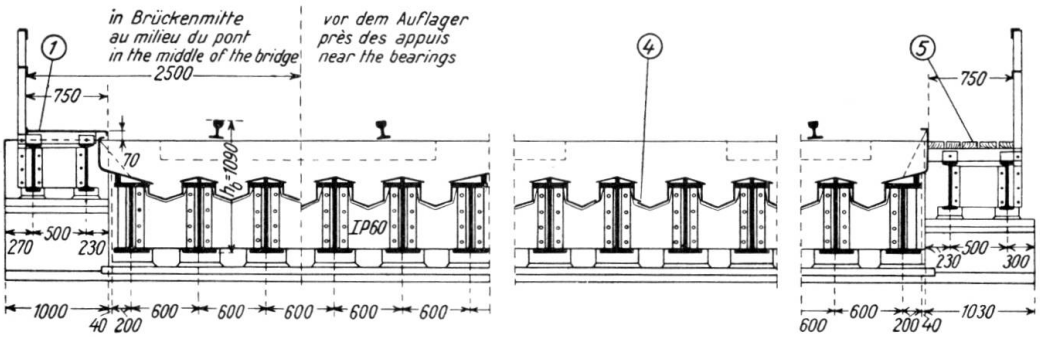
(4) Flachstähle 80/8 mm in 45 cm Abstand.

Fig. 10.

Versteiftes Tonnenblech.

jedoch keineswegs erschöpfend durch die Fragestellung, ob sich das Gewicht und damit die Kosten des Hauptträgers infolge Verminderung des Fahrbahngewichtes im gleichen Maße verringern wie sich die Fahrbahnkonstruktion durch Wahl einer leichteren Ausführung verteuert, denn wie bereits angedeutet, kann

in manchen Fällen schon der Gewinn an Bauhöhe entscheidend sein. Und vor allem ist wesentlich, daß die Wirtschaftlichkeit dieser neuen Bautechnik eine heute bei weitem noch nicht ausgereifte besondere Herstellungstechnik in der Werkstatt zur Voraussetzung hat. Deshalb hat man sich jetzt in der Praxis in



(1) Fußweg mit Waffelblech-Abdeckung.
(4) Anschlußausbildung benachbarter Überbauten.
(5) Fußweg mit Bohlenbelag.

Fig. 11.
Querschnitt durch die Brücke.

stärkerem Maße der Verwendung der bereits erwähnten weitgespannten Tonnen- und Buckelbleche zugewandt. Um das Gewicht des Füllbetons zu vermindern, sind diese Bleche gegenüber den bisherigen Ausführungen überdies sehr flach gewölbt.

Zur Verhinderung der Bewegung zwischen Füllbeton und Blech muß dieses bei *Tonnen*blechen mit Schubblechen ausgesteift werden, wie z. B. bei den 240 cm weitgespannten, 8 mm dicken, verhältnismäßig flachen Tonnenblechen der Sulzbachtalbrücke (Fig. 10 und Fig. 16; S. 1380 d. V.). Waagerecht angeordnete Flachstäbe sorgen dafür, daß nur lotrechte Auflagerkräfte entstehen. Versuche ergaben, daß dieser Verbundkörper, wenn er nach der Eisenbetontheorie berechnet wurde, für die vorgeschriebene Belastung eine mindestens achtfach statische Bruchsicherheit aufweist. Er wiegt ohne Längsträger 470 kg/m². Dieses geringe Gewicht erklärt sich aus dem Verzicht auf Dichtungs- und Schutzschicht. Die Verschleißschicht aus einschichtig aufgebrachtem Beton, die unmittelbar auf dem Füllbeton liegt, ist 40 mm dick. Auf Wasserdichtigkeit des Betons muß besonderer Wert gelegt werden. Die Fahrbahnoberfläche wird

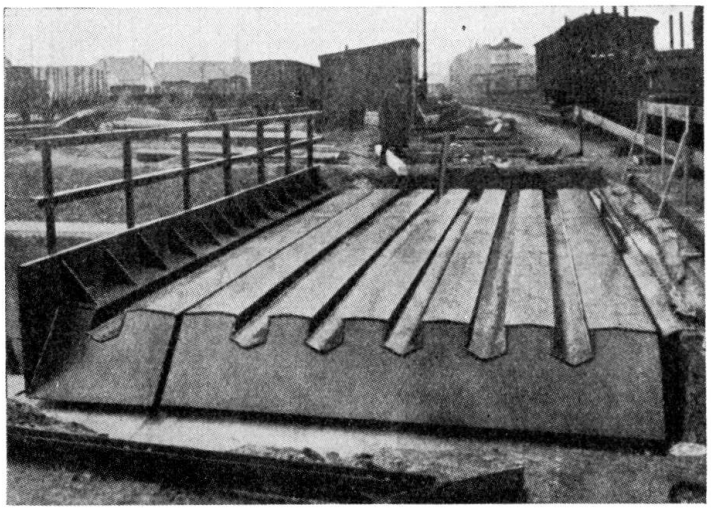
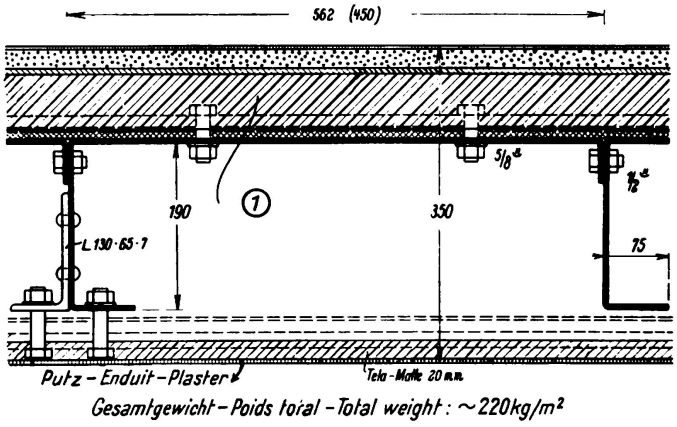


Fig. 12.
Die eingebaute Fahrbahntafel — Bauart Schröder.

durch ihr Quergefälle von 1,5 v. H. entwässert. Solche Fahrbahntafeln können auch die Aufgabe des Windverbandes mit übernehmen und ersparen im übrigen die sonst bei Eisenbetonfahrbahnen erforderlichen Schalungen.

Inwieweit auch bei weitgespannten *Buckel*blechen (3,5 × 5 m) Blechaussteifungen notwendig sind, wenn für die unmittelbare Abdeckung des Bleches



① 4 mm Linoleum,
21 mm Asphaltstrich,
6 mm Asphalt-Ezo,
60 mm Bimsbeton,
10 mm Absorbophon-Ezo,
5 mm GebördeltesBlech (5,5).

Fig. 13.
Leicht-Stahldecke.

besondere Materialien — vielleicht auch unter Zuhilfenahme von Drahtgeflecht — und besondere Arbeitsverfahren gewählt werden, sollen weitere Versuche klären, die bereits die außerordentlich günstigen, durch elementare Berechnungsverfahren nicht erfaßbaren Spannungsverhältnisse im Buckelblech erwiesen haben. Die Frage der unterhaltungstechnisch einwandfreien Ausbildung der dünnen Kontinuitätsschicht des Betons oberhalb der Träger des Fahrbahnrostes kann beträchtliche Schwierigkeiten bereiten, wenn nicht zur Anordnung einer Fuge gegriffen wird.

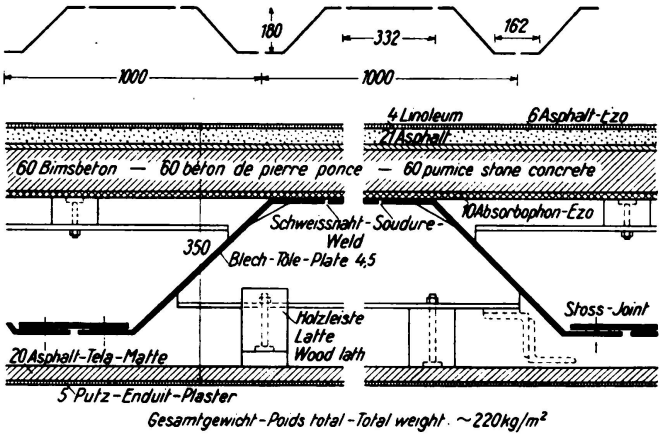


Fig. 14.
Leichtstahldecke mit Doppelwinkeln.

Als eine Art Leichtbau kann schon die stählerne Brückenkonstruktion (siehe Fig. 11 und 12) bezeichnet werden, die an Stelle der *Überbauten mit einbetonierten* Trägern ausgeführt worden ist. Durchbiegungsmessungen an diesen aus IP-Trägern und aufgeschweißten Blechen bestehenden Brücken haben gezeigt, daß Träger und Bleche etwa nach der Art der Plattenbalken im Eisenbetonbau zusammenwirken. Es ist deshalb zu hoffen, daß künftig beim Durchbiegungsnachweis, der bei der Bemessung dieser Überbauten ausschlaggebend sein kann, eine mittragende Breite des Bleches berücksichtigt werden darf oder für die Träger allein eine größere Durchbiegung, etwa $^1/_{700}$ statt $^1/_{900}$ zulässig ist.

Im Hochbau sind stählerne *Leichtdecken* nach Fig. 13 und Fig. 14 verwendet worden, nachdem durch eingehende Belastungsversuche, sowie schall- und wärmetechnische Untersuchungen der Eignungsnachweis erbracht war. Ihr Eigengewicht betrug bei etwa 6,50 m Spannweite, 350 mm Bauhöhe und 500 kg/m² Nutzlast nur ungefähr 220 kg/m². Sie lassen sich leicht in sparsamster Weise durch Veränderung der Blechdicke und der sonstigen Abmessungen den jeweiligen Belastungen und Stützweiten anpassen. Das geringe Deckengewicht unterstützt die zweckmäßige Ausbildung neuartiger, teilweise geschweißter Stahlhochbauten, wie z. B. der zweistöckigen Befehlsstelle in Mainz (Fig. 15), deren raumabschließende Blechwände zugleich den Kragträger bilden.

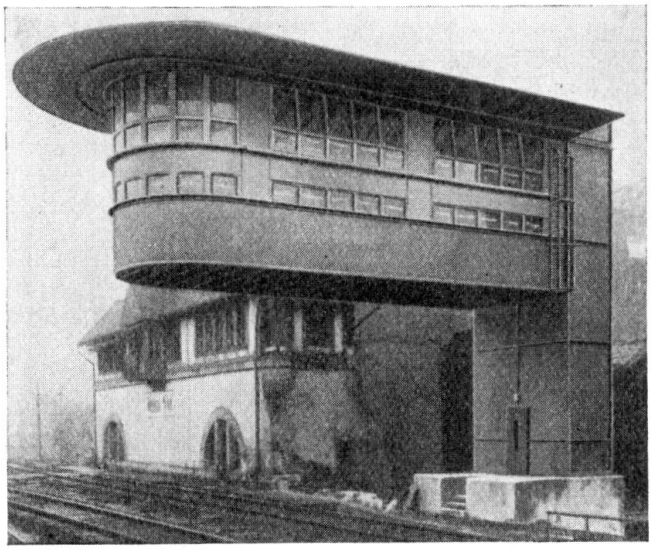


Fig. 15.
Stellwerk am Bahnhof Mainz.

Wegen neuartiger Flugzeughallen sei auf Fig. 25, S. 1348, und Fig. 24, S. 1345, des Vorberichtes verwiesen. Hängebleche als Dachabschluß haben die Amerikaner bereits unter Verwendung der Schweißtechnik für die Bedachung eines Bunkerraumes verwendet.[3] Fig. 16 zeigt ein Beispiel für die Entwicklung des Flugzeughallenbaues in Deutschland. Die aus Doppelwinkeln bestehende selbsttragende Dachhaut mit Zugbändern bildet zugleich den Obergurt der leichten für die Aufnahme von Einzellasten geeigneten Fachwerke, deren Untergurt die Zugbänder sind. In Anbetracht der Vorteile, die eine stählerne Dachhaut bieten kann, ist das erzielbare Gewicht dieser Konstruktion überraschend gering. Flächentragwerke — z. B. zur Überwölbung von Hallen —, die über ihren tragenden Querschnitt vornehmlich auf Druck beansprucht werden und einem kinematisch empfindlichen Tragsystem angehören, erfordern besondere Stabilitätsuntersuchungen (Theorie II. Ordnung), da bereits verhältnismäßig kleine Abweichungen zwischen ursprünglicher und tatsächlicher Form

Fig. 16.
Selbsttragende Dachhaut aus Doppelwinkeln.

[3] „Stahlbau", 1933, S. 152, Heft 19.

des Tragsystems den Sicherheitsgrad entscheidend beeinflussen können. Dabei schalten im Stahlbau Verformungserscheinungen, die durch den Werkstoff selbst bedingt sind, erfreulicherweise aus.

Den Großhallenbau beherrscht — wie z. B. die neuen Luftschiffhallen in Frankfurt a. M. und in Rio de Janeiro zeigen — nach wie vor die Fachwerkbauweise.

Die Zusammenwirkung von Stahlkonstruktionen und Beton wurde weiterentwickelt. In der Schweiz sind bei kleinen Straßenbrücken (Fig. 17) die Obergurte der Hauptträger und die Fahrbahnlängsträger in die Eisenbetonfahrbahnplatte eingebunden worden. Die Verbundwirkung ermöglicht leichtere Längsträger und begünstigt auch die Eigenschwingungsverhältnisse der Brücke. Außerdem kann in gewissen Fällen (z. B. bei St. 52), wo die Durchbiegungsbestimmung einen Mehraufwand an Stahl erfordern würde, durch Berücksichtigung der Verbundwirkung an Stahl gespart werden. In Deutschland gestatten die Eisenbeton-Vorschriften die rechnerische Ausnutzung solcher Verbundwirkung zwischen stählernen Walzträgern — sofern diese nicht völlig in der Zugzone liegen — und Beton nicht. Außerdem fordert die Reichsbahn die stete Zugänglichkeit der Gurtniete, übrigens zum Vorteil der geschweißten Ausführung.

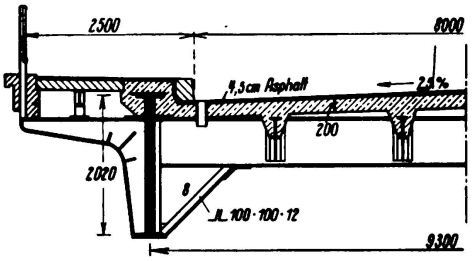


Fig. 17.
Brücke über die Limmat in Engstringen (Schweiz).

Im Stahlskelettbau, der besonders in Frankreich und England in den letzten Jahren viel angewandt wurde und in Berlin z. Zt. durch den Reichsbankneubau vertreten ist, wird die rechnerische Ausnutzung der gemeinsamen Tragwirkung von Stahlstütze und Betonkern[4] eine Wirtschaftlichkeitssteigerung zur Folge haben. Auch die Anwendung der Leichtdecken hat sich hier in bestimmten Fällen sehr vorteilhaft ausgewirkt. Schließlich haben umfangreiche Brandversuche[5] mit belasteten ummantelten Stahlstützen natürlicher Größe wertvolle Aufschlüsse vermittelt und den Nachweis erbracht, daß mit geringen Mitteln Hochfeuerbeständigkeit ummantelter Stahlstützen (nach DIN 4102, Bl. 1) erreicht werden kann.

---

[4] „Stahlbau", 1934, S. 49, Heft 7 und 8. „Zentralblatt der Bauverwaltung"; 1935; Heft 23.

[5] Bericht über die XXIX. Wissensch. Tagung des Reichsvereins Deutscher Feuerwehringenieure; Verlag R.D.F., Berlin N 15.