Entwurf von Leichtfahrbahnen

Autor(en): **Grassl, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE publications = Mémoires AIPC = IVBH Abhandlungen**

Band (Jahr): **25 (1965)**

PDF erstellt am: **02.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-20350

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Entwurf von Leichtfahrbahnen

Design of Light Weight Decks

Conception des platelages légers

HANS GRASSL
Dipl.-Ing., beratender Ingenieur, Hamburg

Unter Leichtfahrbahnen werden in diesen Ausführungen ausschließlich orthogonal ausgesteifte Fahrbahnbleche mit Belägen aus Gußasphalt oder Asphaltbeton von max. 70 mm Dicke oder aus Kunststoff, die zuweilen nur 2 mm stark sind, behandelt.

Nach dem deutschen Lohn- und Materialverhältnis und nach dem heutigen Stand der Berechnungs-, Fertigungs- und Montagemöglichkeiten ist diese Ausführung die wirtschaftlichste Form einer Leichtfahrbahn. Sie wird bei großen Stützweiten ab ungefähr 80 m, aber auch bei kleineren Stützweiten mit gedrückter Bauhöhe oder bei besonders gelagerten Verhältnissen wirtschaftlich.

Die Leichtfahrbahntafel hat in konstruktiver Hinsicht folgenden Anforderungen zu genügen.

1. Das Deckblech muß ein einwandfreier und dauerhafter Träger des Fahrbahnbelages sein. Für die Haltbarkeit der Haftung des Belages ist die Durchbiegung des Deckbleches von Bedeutung. Sie muß möglichst gering sein.

In Fig. 1 ist der Einfluß der Belagstärke für die Belastungsintensität zu sehen. Durch die Belagdicke kann die Belastung für das Fahrbahnblech und die Rippen auf fast das Doppelte ansteigen.

In Fig. 2 sind für die Durchbiegung von $^1/_{300}$ der Blechstützweite die errechneten Abmessungen der Plattendicken dargestellt. Die in der künftigen DIN 1079 verlangten und heute ausgeführten Blechdicken sind mit Rücksicht auf die Haltbarkeit des Belages dicker.

Spannungsmäßig ist das Fahrbahnblech stark überbemessen, da die Membranwirkung von ebenen Blechen, die eine sehr hohe Traglast bewirkt, nicht berücksichtigt wird. Für leichten Verkehr wäre ein größerer Abstand der Aus-

steifungen zweifellos möglich. Es haben in Deutschland einige Brücken mit 60 cm weit gespannten Blechen seit 30 Jahren einem leichten Verkehr ohne wesentliche Schäden standgehalten. Für schweren Verkehr liegen für weitgespannte Bleche (größer als 30—35 cm) keine positiven Erfahrungen vor. Wollte man die Membranwirkung aktivieren, entstünden so große Durchbiegungen des Bleches, daß über den Aussteifungen der Fahrbahnbelag reißen und sich loslösen würde.

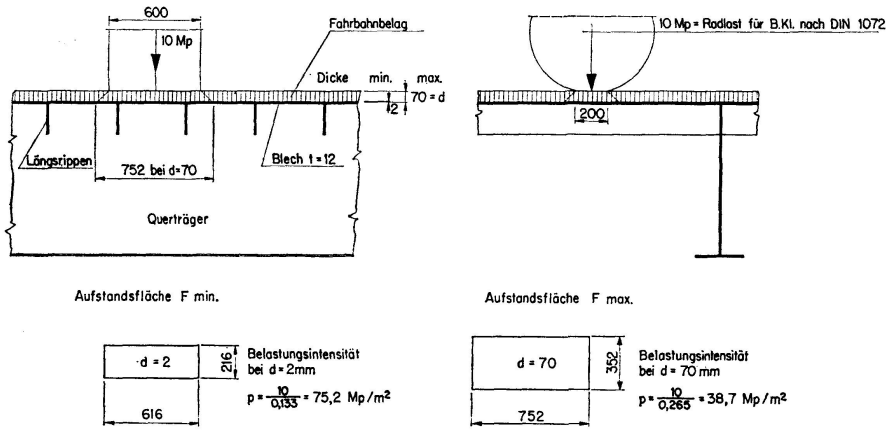


Fig. 1.

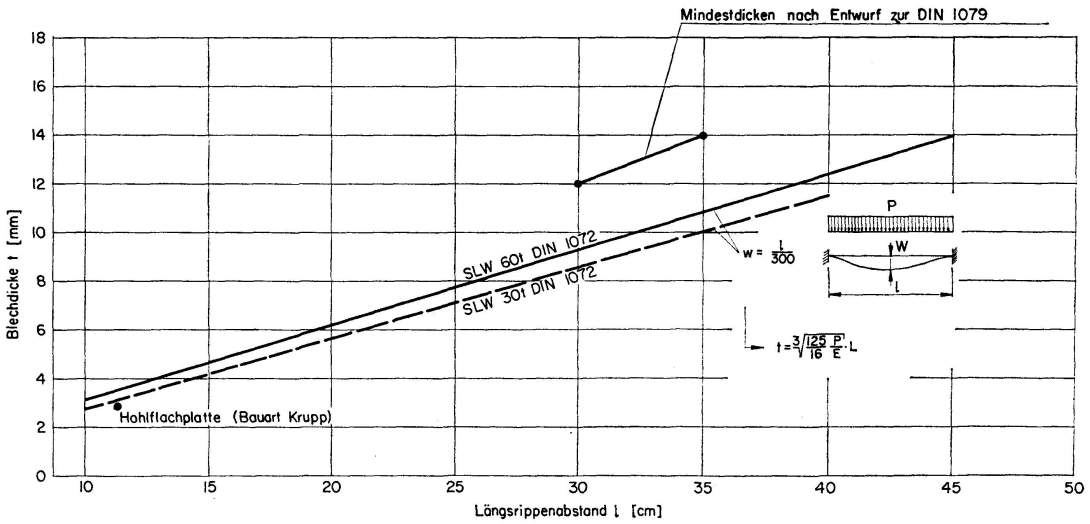


Fig. 2.

2. Die Leichtfahrbahntafel ist Gurt des Gesamttragwerkes. Sie bekommt also Hauptträgerspannungen. Sie ist ferner Glied der Querverteilung, z. B. als Bestandteil eines Trägerrostes in Hauptträgerrichtung oder Anteil eines drillsteifen Hohlkastens. Diese Spannungen aus dem Hauptsystem, die Grundspannungen, sind für die Form der Längssteifen und Querträgerabstände usw. von Bedeutung.

3. Die Leichtfahrbahntafel muß so berechnet und durchgebildet sein, daß Material- und Lohnkosten die preisgünstigste Platte ergeben.

In der Bundesrepublik Deutschland setzt sich der Preis einer Stahlkonstruktion z. Z. ungefähr wie folgt zusammen:

Material- und Werkstattkosten je 800.— DM/t und Montagekosten 600.— DM/t, also zusammen 2200.— DM/t. Es genügt daher nicht, allein das Gewicht der Stahlkonstruktion zu reduzieren, sondern auch die Lohnkosten in der Werkstatt und an der Baustelle.

Mittels Rechenautomaten kann man die Schnittgrößen von Flächentragwerken, z. B. ersetzt durch drillsteife Trägerroste, hinreichend genau errechnen. Die Statik stellt also eine routinemäßige Arbeit dar. Man kann alle Formen der Quer- und Längsaussteifungen und alle Stützungsarten erfassen. Es können die Anschlußkräfte, Biegemomente, Querkräfte und Torsionsmomente in allen zur wirtschaftlichen Bemessung erforderlichen Punkten ermittelt werden.

Dabei können, da Einflußflächen zur Verfügung stehen, die zugeordneten Laststellungen, z. B. maximales Biegemoment mit zugehöriger Querkraft und Torsion bzw. maximale Querkraft oder maximales Torsionsmoment mit den zugehörigen anderen Schnittgrößen, ermittelt werden.

Die Spannungen, die sich aus diesen Schnittgrößen ergeben, sind mit den Grundspannungen, welche zu den gleichen Laststellungen gehören, zu überlagern. Dabei müssen folgende Spannungsgrenzen eingehalten werden (Mp/cm²).

		St 37		St 52	
		H	H+Z	H	H+Z
1. Deckblech aus örtlicher Belastung allein		2,00		2,70	
2. Superposition aus Hauptträger-, Quer- und Längsrippeneinflüssen	Zug	1,60	1,80	2,40	2,70
	Druck	1,40	1,60	2,10	2,40
	Schub	0,92	1,04	1,39	1,56
3. Vergleichsspannungen aus Deckblechspannungen gemäß 1. und Spannungen gemäß 2.		2,20		3,30	

Von größerer Bedeutung als die routinemäßige Berechnung ist für den Entwurf die richtige Form der Längsträger und Querträger. An dem Beispiel einer Großbrücke (Fig. 3 zeigt die zur Ausführung bestimmte Lösung) ist zu sehen, wie die verschiedenen Ausbildungsformen das Gewicht beeinflussen. Der ausführenden Firmengemeinschaft wurde ein genauer Auszug des Materials und der Schweißnähte zur Verfügung gestellt. Die durchgearbeiteten Entwürfe sind in Fig. 4 gezeigt. Die geringsten Gesamtkosten ergab Vorschlag 5 mit dem nahezu höchsten Gewicht aller Vorschläge. Die niedrigen Werkstatt- und Montagekosten glichen die höheren Materialkosten aus.

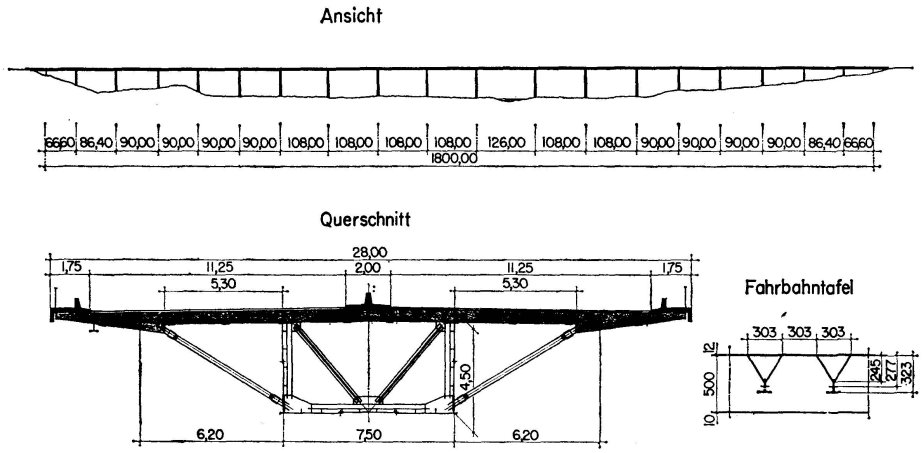


Fig. 3.

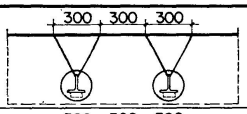
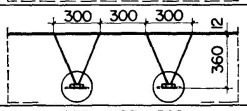
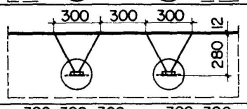
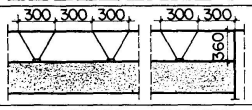
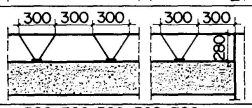
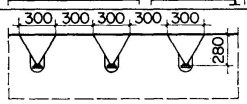
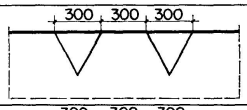
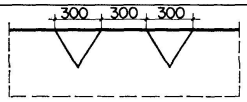
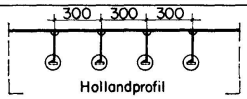
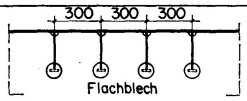
Vorschlag	Ausbildung		Material – Gewicht			
	Q.T. Abstände [m]	Form der Rippen	Längsrippen kg/m²	Querträger kg/m²	Deckblech kg/m²	Summe kg/m²
1	3,00		49,1	21,1	87,0	157,2
2	3,60		58,5	19,0	87,0	164,5
3	3,60		53,4	18,6	87,0	159,0
4	3,60		60,0	30,0	87,0	177,0
5	3,60		54,2	29,4	87,0	170,6
6	3,60		51,6	34,8	87,0	173,4
7	3,60		65,1	19,0	87,0	171,1
8	1,80 Streben-Abstand 3,60		40,7	24,8	87,0	152,5
9	1,80 Streben-Abstand 3,60	 Hollandprofil	37,7	24,8	87,0	149,5
10	1,80 Streben-Abstand 3,60	 Flachblech	45,6	24,8	87,0	157,4

Fig. 4.

Dieser Vorschlag ist jedoch keine «reine» orthotrope Platte, sondern ein Trägerrost. Das Deckblech ist nicht mehr Obergurt des Querträgers, sondern «überspannt» nur den Querträger und trägt auch so zur Entlastung desselben bei. Hier ergaben sich eine Reihe von an Bauwerken unerprobten konstruktiven Problemen, die statisch zu lösen gewesen wären. Man entschloß sich aber wegen der mangelnden Erfahrung den nächst preisgünstigsten Vorschlag (Nr. 2) mit einem Gewicht von 164,5 kg/m² zur Ausführung zu wählen.

Titel	Fahrbahnausbildung	Querträger		Grund-spannung σ_{RU}	Gewicht
		Abstand [m]	Stützweiten [m]	[kp/cm²]	[kg/m²]
Aschaffenburg	305,305,305,305 / 12 / 250 / 520	2,38	7,00	1300	180
Donaubrücke Sinzing	300,300,300,300 / 12 / 160 / 560	1,50	7,50	1350	165
Lapinlahdenbrücke	305,305,305,305 / 12 / 160 / 494	2,02	2,40 - 6,10 - 2,40	1190	162
Amelsbüren	291,291,291,291 / 12 / 180 / 572	1,95	7,00	1330	166
Herrenbrücke Lübeck	304,304,304,304 / 12 / 180 / 627	2,085	8,50	1490	183
Wiedbrücke Irlich	300,300,300,300 / 12 / 200 / 378	2,574	6,30	830	199
Leverkusen Los A	300,300,300,300 / 12 / 160 / 675	1,73	3,00 - 16,50 - 3,00	830	170
Fehmarnsundbrücke	306,306,306,306 / 12 / 180 / 952 (1620)	1,95 (11,70)	14,35 (23,00)	1200	300
Haseltalbrücke	305,305,305 / 12 / 260 / 934	2,31	18,526	990	183
Minfardbrücke	303,303,303 / 12 / 277 / 522	3,60	6,20 - 7,50 - 6,20	1200	164
Stephanibrücke Bremen	306,306,306 / 12-24 / 280 / 496	3,00	5,814 - 5,768 - 5,814	1790	217
Schnelsenbrücke	296,296,296 / 12 / 350 / 592	0,592	3,50 - 4,50 - 3,50	Quer-orientiert	166

Abb. 5.

In Fig. 5 sind Fahrbahnkonstruktionen von 12 Brücken, die bereits ausgeführt oder in Ausführung sind, zusammengestellt. Die Darstellung läßt die Tatsache, die bei vielen Entwürfen schon erkannt wurde, deutlich werden, daß für einfache Rippen aus Flachstählen oder Wulstprofilen kleine Querträgerabstände wirtschaftlicher sind, während Hohlrippen zu größeren Querträgerabständen gehören (siehe Fig. 6).

Neben den Spannungen aus «ruhender» Belastung ist die Dauerfestigkeit der Konstruktion zu beachten. Bis jetzt sind in der deutschen Bundesrepublik an richtig konstruierten orthotropen Fahrbahnplatten keine Dauerfestigkeitsschäden bekannt geworden. Der stark zunehmende Verkehr von schweren Lastwagen erfordert jedoch auch, die Dauerfestigkeit bei der Entwurfsbearbeitung zu beachten. Die Vorschriften für geschweißte Eisenbahnbrücken (DV 848) geben für die Einschätzung der Dauerfestigkeit eine gute Basis. Während der Schwing- und Schwellbereich durch die feste Schienenlage bei

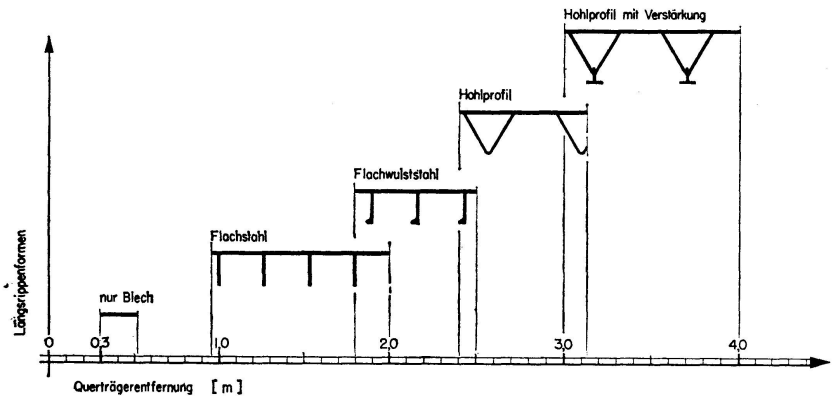


Abb. 6.

der Eisenbahn leicht zu erfassen ist, kann bei Straßenbrücken durch die stets wechselnde Spurlage und die Vielzahl der Belastungsmöglichkeiten die Anzahl der Lastwechsel mit den oberen und unteren Spannungsgrenzen sehr schwer abgeschätzt werden. Durch die «gezielte Lastaufbringung» bei Eisenbahnbrücken treten die für den Dauerbruch maßgebenden oberen und unteren Spannungswerte viel häufiger auf als bei Straßenbrücken mit der «ungezielten» Belastung. Somit können viel höhere Lastwechsel bis zur Zerstörung erwartet werden. Solange nicht systematische Messungen über Zahl und Höhe der Lastwechsel vorliegen, können keine schlüssigen Vorschriften über Dauerfestigkeitsnachweise bei Straßenbrücken gemacht werden. Die DV 848 kennt als Parameter das Verhältnis min-Spannung zu max-Spannung in einem Bauteil. Die Bestimmung dieses Wertes würde bei einem Flächentragwerk die ohnehin schon aufwendige Berechnung ungeheuer ausweiten. Dabei würde man mit den absoluten min- und max-Werten selbst bei nur halber Verkehrslast der Brückenklasse 60 unwahrscheinliche, wirtschaftlich kaum vertretbare Werte erhalten. Da die «min-Werte» bei Flächentragwerken eine viel geringere Häufigkeit haben, kann man auf sie verzichten. Als «min-Wert» kann daher die Spannung für Eigengewicht und als «max-Wert» die Spannung aus Eigengewicht und halber Verkehrslast gewählt werden. Dieser Weg zur Berücksichtigung der Dauerfestigkeit bei orthotropen Platten ist ausreichend, solange keine einwandfreien Häufigkeitsmessungen vorliegen. In Fig. 7 sind die abgeminderten zulässigen Spannungen (nach DV 848) für diesen Schwellbereich

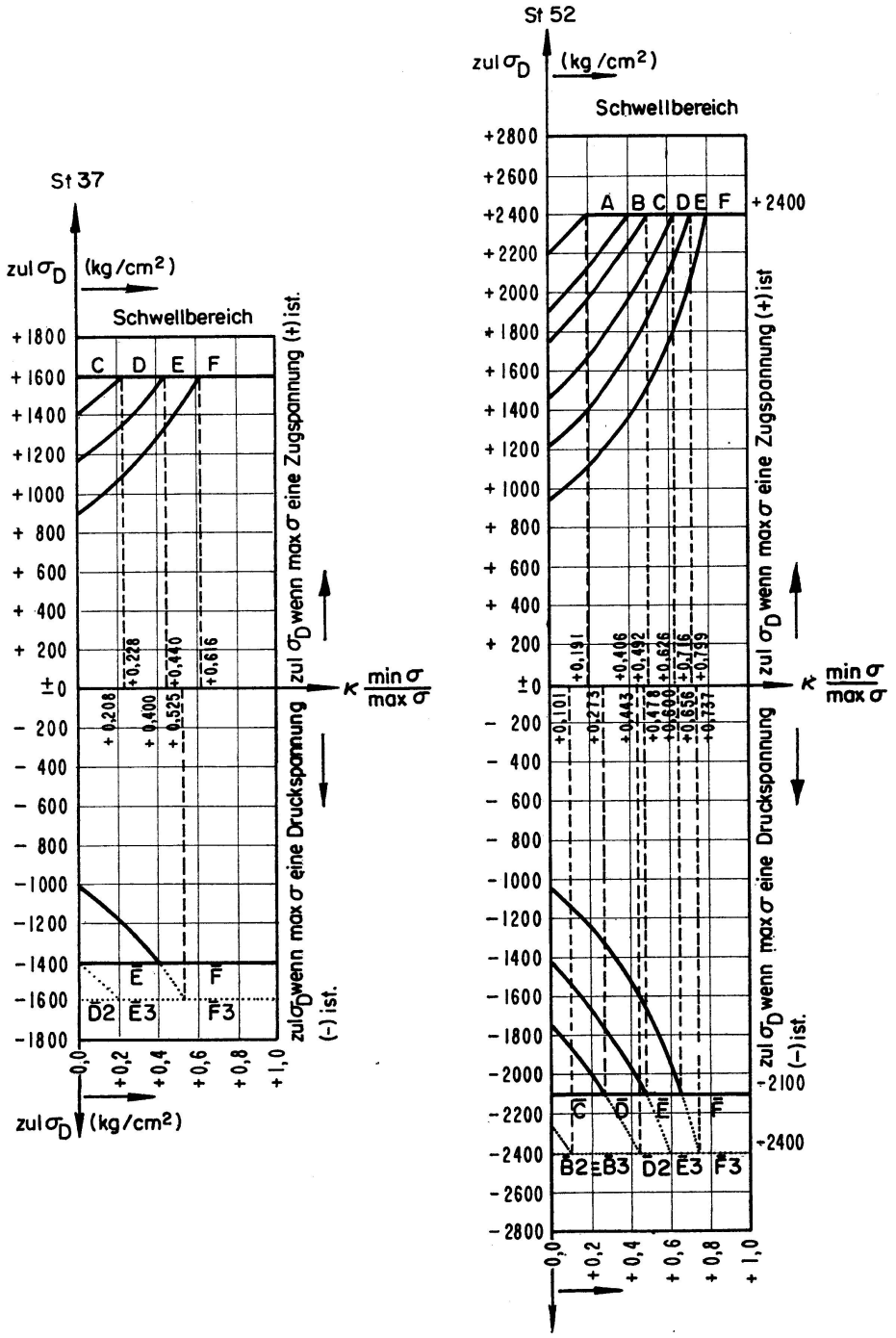


Abb. 7.

dargestellt. Man sieht bereits, wie sehr die zulässigen Spannungen dadurch reduziert werden müssen.

Für die Wirtschaftlichkeit ist die Ausbildung der Stöße und der Durchdringung der Längsrippen mit den Querträgern von Bedeutung. In den Fig. 8 und 9 sind Längsträgerstöße und Durchdringungspunkte von verschiedenen Ausführungen dargestellt. Beim Stoß haben wir den Deckblechstoß mit dem Längsträger- und Querträgerstoß zusammen zu betrachten. Wegen des Fahr-

bahnbelages ist eine glatte Oberfläche des Deckbleches anzustreben. Das Deckblech wird heute daher ausnahmslos mittels einer Stumpfnaht gestoßen. Häufig müssen an diese Schweißnähte aus statischen Gründen (hohe Grundspannungen) höchste Anforderungen gestellt werden. Die Ausbildung nach Fig. 8a und e mit Hilfe einer einseitig angeschweißten Stahlleiste ist die gebräuchlichste. Erfahrungsgemäß muß bei «x» (siehe Fig. 8a) die erste Lage der Schweißnaht besonders einwandfrei sein, damit dort keine Fehlstellen entstehen, welche die Güte der Stumpfnaht vermindern. Die Herstellung des übrigen Teiles der Stumpfnaht kann mit einem Automaten erfolgen, wobei die Nahtwurzel

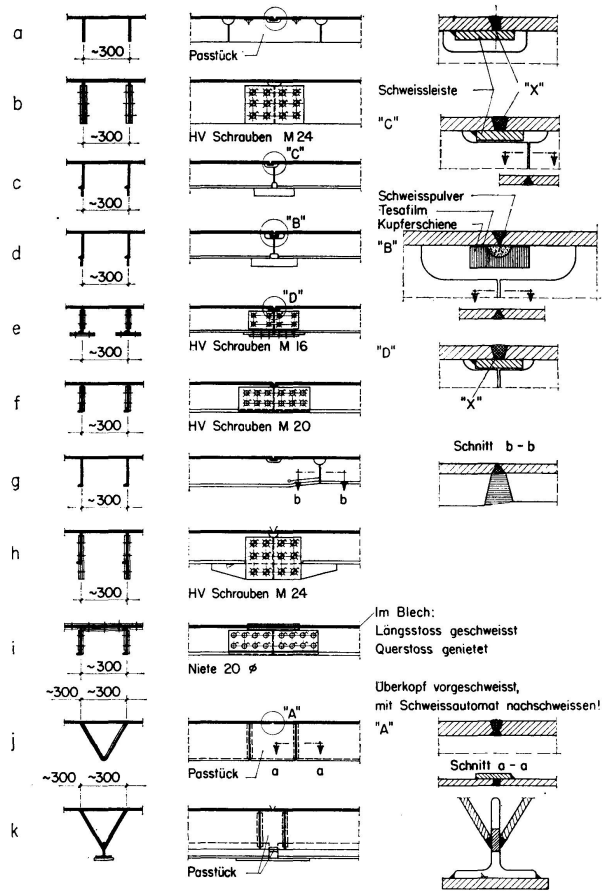


Fig. 8.

besonders gut aufgeschmolzen werden muß. Man kann auch wie in Fig. 8b, h, j und k die Stumpfnaht von unten über Kopf vorschweißen und dann von oben mit Handschweißung oder mit Automatenschweißung füllen. Die stählernen Leisten oder die über Kopf geschweißten Lagen können das von der Firma Klönne, Dortmund, entwickelte Verfahren, bei dem eine Kupferrinne (siehe Fig. 8d) untergelegt wird, vorteilhaft ersetzen. Die Rinne wird mit Schweißpulver gefüllt und unter die vorbereiteten Blechkanten gepreßt. Die darüberliegende V-Naht kann in einem Guß mit einem Automaten geschweißt werden.

Bei der Brücke über den Fehmarnsund mußte das Deckblech mit einer

Doppellasche vernietet werden, da diese Brücke auch Eisenbahnverkehr trägt und alles an der Fahrbahnkonstruktion genietet wurde (Fig. 8i). Somit ist die Bestimmung, daß Nieten und Schweißen nicht gemeinsam bei einer Verbindung angewendet werden dürfen, eingehalten. Der Fahrbahnbelag ist an solchen Stoßstellen geschwächt; Schäden sind bis jetzt aber noch nicht bekannt. Die Forderung, daß Schweißung und Nietung am gleichen Querschnitt *nicht* verwendet werden dürfen, verlangt, daß bei einem geschweißten Deckblechstoß die Stöße der Längs- und Querträger entweder auch geschweißt oder mit HV-Schrauben gestoßen werden müssen. Wenn man die Verformungen der Nietstöße genau erfassen und diesen Einfluß auf die Schweißnähte bestimmen könnte, wäre auch die Nietung als Stoßmittel möglich. Bei den vorliegenden Stoßarten, bei denen in der Regel der Obergurt geschweißt ist und der Steg und Untergurt genietet wäre, könnte die Biegebeanspruchung dadurch getragen werden, daß die obere Gurtkraft vom geschweißten Deckblech, die untere «Gurtkraft» vom übrigen genieteten Querschnitt aufgenommen wird. Man weist so dem Deckblech eine größere Kraft zu als nach der üblichen Rechnungsmethode und hat zweifellos für die Biegebeanspruchung die verschiedene Verformbarkeit von Schweiß- und Nietverbindungen berücksichtigt. Nicht so einfach ist es, den Einfluß der Querverformung des Nietstoßes auf die Deckblechstoßnaht und die Halsnähte zu erfassen. Durch diese Querverformung der Stöße in Richtung der Querkraft erfahren die Deckblechstumpfnaht Biegebeanspruchungen und die Halsnähte quergerichtete Zugbeanspruchungen, die an den Enden der Nähte hohe Spannungsspitzen erzeugen.

Der Vorschlag, in einem gewissen Bereich auf die Verbindung zwischen Steg und Gurt zu verzichten und so eine Querbiegung des Deckbleches ohne nenneswerte Biegespannungen zu ermöglichen, ist keine vollkommene Lösung. Hier ist der Schubfluß unterbrochen, an den Enden der Halsnähte treten Spannungsspitzen auf, und die Dauerfestigkeit der Verbindung ist herabgesetzt. Rechnerische Überlegungen werden hier kaum zum Ziele führen. Versuchsergebnisse sind dem Verfasser nicht bekannt.

Die Ausführung von genieteten Hauptträgerstößen und geschweißten Deckblechen ist unter Beachtung der oben angedeuteten Verformungszustände öfter ausgeführt worden. Da bei Hauptträgern von Straßenbrücken die Dauerfestigkeit nicht maßgebend ist, hat sich diese Ausführungsart bewährt. Nach den Beobachtungen des Verfassers scheinen die Firmen z. Z. die Ausführungsart — Fahrbahn mit Längs- und Querrippen geschweißt, Hauptträger genietet — als wirtschaftlichste Konstruktionsform vorzuziehen.

Aus der Vielzahl der Arten der Längsträgerstöße, die bis jetzt zur Ausführung vorgeschlagen wurden, ist zu erkennen, daß eine allgemein gültige Stoßform für die wirtschaftlichste Lösung nicht vorliegt. Die Stöße nach Fig. 8a, c, d, g, j und k sind vollgeschweißte Stöße. Die Stöße nach Fig. 8b, e, f und h sind HV-verschraubt. Bei den in letzter Zeit gebauten Brücken werden die ganz verschweißten Stöße bevorzugt. In der Weiterentwicklung

der Form und Technik von Schweißstößen auf der Baustelle liegt ein Teil der Möglichkeiten zur weiteren Kosteneinsparung.

So wie die Stöße sind auch die Durchdringungen der Rippen mit den Querträgern wegen der Forderung nach einer hohen Dauerfestigkeit einerseits und geringen Kosten andererseits eingehend zu studieren. In Fig. 9a bis f sind Kreuzungspunkte von ausgeführten und bewährten Beispielen dargestellt. Bei Platten mit Längsrippen soll man aus Wirtschaftlichkeitsgründen in der Werkstatt die Längsrippen mittels Automaten auf die Deckbleche schweißen können. Das heißt, das Deckblech muß mit den Längsrippen verschweißt

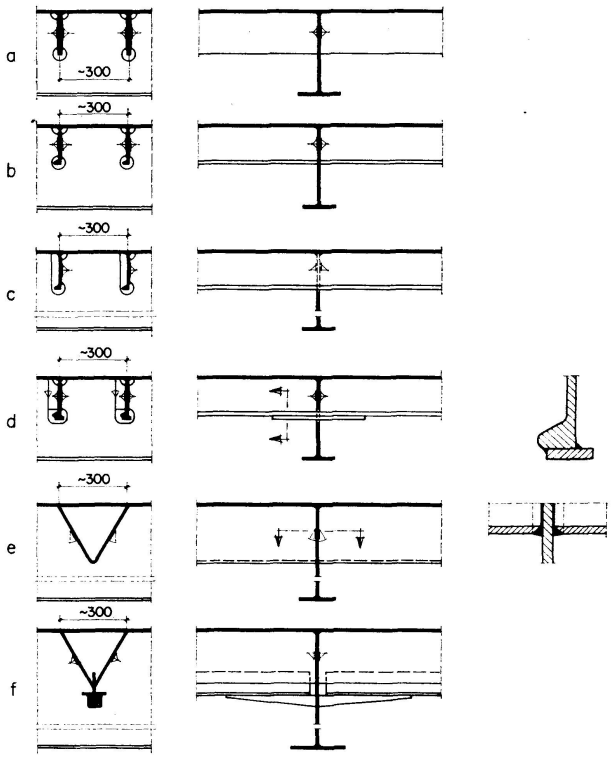


Fig. 9.

werden, die Querträger erhalten die Ausnehmungen für den Durchtritt der Längssteifen, und dann werden Deckblech mit Steifen und Querträger zusammengebaut. Bei Fig. 9a können die Querträger aufgekämmt werden, bei Fig. 9b müssen sie aufgeschoben werden. Beides erfordert eine hohe Paßgenauigkeit. In Fig. 9c ist ein Kreuzungspunkt abgebildet, der leicht zusammengebaut werden kann. Die einseitige Verbindung zwischen Längssteife und Stegblech des Querträgers ist kostensparend und hat weit geringere Schrumpfspannungen als die Ausführungen nach Fig. 9a und b. Somit wäre diese Kreuzungsart wohl die beste, wenn ihr nicht in statischer Hinsicht der Mangel anhinge, daß die Abnahme des Schubflusses zwischen Querträgersteg und Deckblech nicht immer möglich ist. An den «Stegblechzähnen», die zwischen den Ausnehmungen für die Längssteifen übrig bleiben, greift an der Fuge zum Deckblech der Schubfluß an, welcher die «Zähne» an ihrer «Einspannstelle» im Stegblech auf Biegung und Schub beansprucht. Man kann durch

Laschen oder Paßstücke die Ausnehmungen wieder schließen (Fig. 9d). Diese Teile müssen aber beidseitig angeschweißt werden. Ein Teil der Ersparnis an Schweißarbeit geht wieder verloren. Der Vorteil des leichteren Zusammenbaues und die verringerten Schrumpfspannungen bleiben. In Fig. 9d ist auch dargestellt, wie mit kurzen Laschen Spannungsspitzen aus Momentenspitzen über den Querträgern aufgenommen werden können. Der Materialgewinn übersteigt die Mehrarbeit wirkungsvoll. In Fig. 9e wird der Kreuzungspunkt dadurch gebildet, daß die Längsrippen, die hier Hohlsteifen sind, gegen das Querträgerstegblech geschweißt werden. Die Verbindungsnaht ist eine HV-Naht. Da Bedenken wegen ausreichender Dauerfestigkeit bestanden, wurden Dauerfestigkeitsversuche gemacht, die eine ausreichende Festigkeit bezeugten. Gewöhnliche Kehlnähte waren in bezug auf Dauerfestigkeit nicht ausreichend. An der unteren Spitze traten, wenn die Naht als Kehlnaht ausgebildet wurde, frühzeitig Risse auf. Der Baustellenstoß ist in Fig. 8j dargestellt. Fig. 9f zeigt einen Kreuzungspunkt einer «Y-Steife» mit dem Stegblech. Hier kann die Hohlsteife mit Kehlnähten angeschweißt werden. Die Zugzone wird mittels einer Lasche dauerfestigkeitsgerecht durchgeführt. Der Stoß ist in Fig. 8k dargestellt. Das Bestreben, die Verbindung von Deckblech ohne Nahtunterbrechung mit Schweißautomaten herzustellen, führt zu der in Fig. 10 darge-

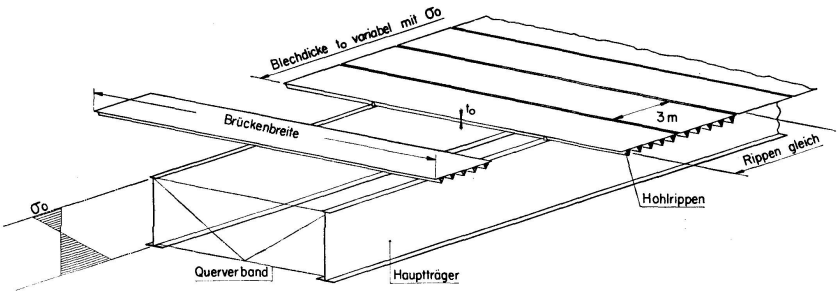


Abb. 10.

stellten Form der «querorientierten» Fahrbahnplatte mit querlaufenden Hohlsteifen. Die Fahrbahnplatte kann auf die ganze Brückenbreite in Streifen hergestellt und auf die Hauptträger verlegt werden. An den Hauptträgerorten sind Schotte zwischen den Hohlrippen angeschweißt. Mit diesen Schotten werden die Fahrbahnplatten mit den Hauptträgern verbunden. Die Schotte müssen so bemessen sein, daß sie den Schubfluß aus dem Deckblech in die Hauptträger ableiten können. Für die Verbindung der Fahrbahnplattenschotte mit dem Stegblech können Hilfsobergurte auf den Stegblechen für den Zusammenbau besser sein als reine Stumpf- oder Überlappungsstöße.

Neben der Verbindung der Fahrbahnplatte mit dem Hauptträgerstegblech müssen dann nur die Deckbleche mit einer Stumpfnaht und, wenn statisch erforderlich, die Schotte mit Laschen oder Schweißung gestoßen werden. Ein Konstruktionsvorteil liegt auch noch darin, daß alle Querrippen gleich ausgeführt werden können. Die Deckblechstärken können der Grundspannung

des Haupttragsystemes angepaßt werden. Es gibt keine Längs- und Querträgerstöße. Diese Art der Fahrbahntafel eignet sich besonders für Brücken mit Hauptträgerentfernungen von etwa 7—8 m und geringer, also für Trägerroste oder Hohlkästen.

Der große Vorteil einer Stahlbrücke ist die leichte Montagemöglichkeit ohne Hilfsgerüste oder mit nur wenigen Zwischenstützen. Die stählerne Fahrbahntafel hilft diesen Vorteil besonders auszubauen. Das absolut geringe Gewicht einer Brücke mit einer Stahlfahrbahn und die Tatsache, daß bei richtiger Zusammenbauordnung der gesamte Querschnitt der Brücke mitträgt, lassen Vorbaulängen zu, die häufig die Stützweiten des endgültigen Bauwerkes erreichen. Zwei Montagesysteme haben sich in den letzten Jahren als wirt-

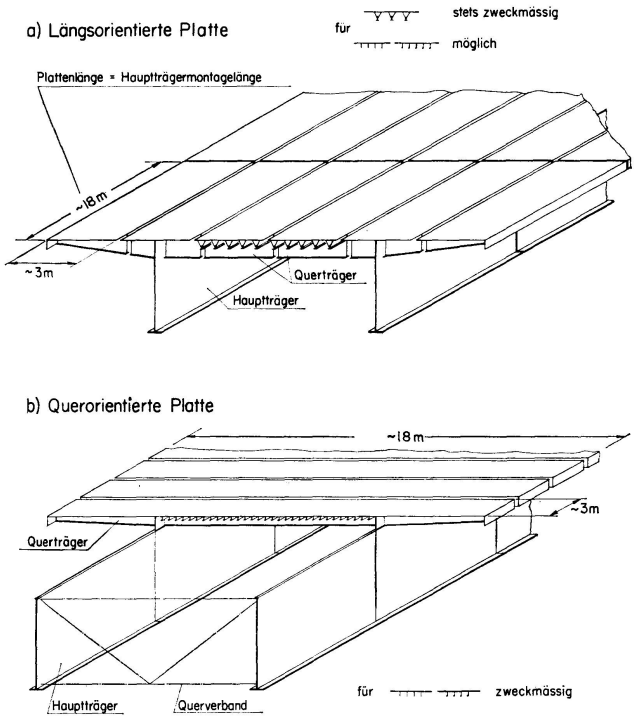


Fig. 11.

schaftlichste Lösungen herausgeschält. In Fig. 11a und b sind die Montagesysteme mit «längsorientierter» und «querorientierter» Platte dargestellt. Bei der längsorientierten Platte werden die Teile in Breiten (rund 3 m) und Längen (rund 18 m), welche die Transportmöglichkeiten zulassen, zur Baustelle gebracht. Die Längsabmessung ist in Richtung der Längssteifen gewählt. Die Querträger erhalten dann in Abständen von rund 3 m Universalstöße, die geschweißt oder HV-verschraubt sind. Statt Stumpfstöße oder Stöße mit beidseitigen Stoßlaschen können Überlappungsstöße wirtschaftlicher sein. In den Abständen der Plattenlängen sind die Universalstöße der Längssteifen und des Deckbleches angeordnet. In der Regel wird der Obergurt eines Hauptträgers aus einem Fahrbahnplattenstreifen gebildet. Ein solcher «breitflanschiger Träger» ist dann für ein weites Vorbauen der einzelnen Hauptträger

besonders geeignet. Bei der querorientierten Platte werden die Deckbleche und Längsrippen in Entfernungen von rund 3 m, den üblichen Transportbreiten, gestoßen. Die Längen, wie in Fig. 11b dargestellt, sind, wenn es die Transportmöglichkeiten zulassen, möglichst gleich der Brückenbreite zu wählen. Bei sehr breiten Brücken (volle Autobahnbreite rund 30 m) empfiehlt es sich, wie in Fig. 12 gezeigt, die Längen der Fahrbahnstreifen gleich den Hauptträgerabständen zu wählen.

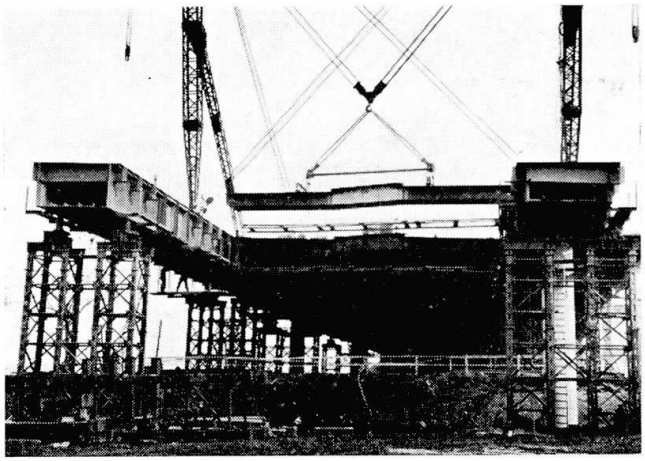


Fig. 12.

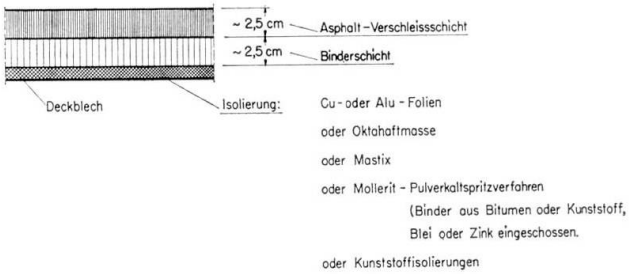


Fig. 13.

Die Berechnung einer orthotropen Platte ist heute routinemäßig zu erledigen. Man ist fähig ein Minimum an Stahlgewicht «herauszurechnen». Die richtige konstruktive Ausbildung ist durch Vergleichskalkulationen zu ermitteln. Eine befriedigende Lösung für den Fahrbahnbelag liegt noch nicht vor, d. h. die Dauererprobung fehlt.

Bei den Fahrbahnbelägen können wir «schwere» Beläge und extrem leichte unterscheiden. Fig. 13 zeigt den bekannten Aufbau einer «schweren» Asphaltfahrbahn mit Isolierung, wie er in üblicher Weise vorgeschlagen und ausgeführt wurde, aber noch selten sich restlos bewährt hat. Als Grund für das Versagen wird häufig die Nachgiebigkeit der Stahlfahrbahntafel angeführt. Die Nachgiebigkeit ist jedoch bei den heute entworfenen Fahrbahnplatten so gering, daß sie nicht die Ursache der Mängel ist. Die Fehlerursache liegt vielmehr in der geringen Standfestigkeit der Asphaltschichten bei höherer Temperatur und in nicht auskömmlicher Haftung zwischen Blech und Isolierung bzw. zwischen Isolierung und Belag. Hier können nur systematische Versuche

Klarheit für eine zielsichere Belagausbildung bringen. Bei den Gußasphaltbelägen können bei hohen Temperaturen die Zuschlagstoffe im Bitumenbett untereinander verschoben werden. Bitumen ist nicht absolut fest wie etwa der Mörtel im Beton; Bitumen kann fest und spröde, aber auch weich wie eine zähe Flüssigkeit sein, je nach Temperatur und Belastungsgeschwindigkeit.

Da die Fahrbahnbeläge allen praktischen Temperaturzuständen von $-30°$ C bis $+40°$ C, durch Strahlungswärme aufgehitzt noch mehr, ausgesetzt sind und der rasch rollende Verkehr sowie auch der stehende die Oberfläche belasten, müßte ein solcher Asphaltbelag allen diesen Anforderungen genügen. Das kann er nicht. Es gibt Temperaturen und Belastungsformen, bei denen immer Verschiebungen des Korngerüstes eintreten, welche die primären Ursachen der Wellenbildung sind. Gleichermaßen können Brems- und Anfahrkräfte nicht ohne plastische Verformungen auf das Deckblech abgeleitet werden. Zur Erzielung eines standfesten Belages sind daher 2 Wege möglich. Der eine Weg ist, den Belag durch Aufschweißen von Rippen an der Verschiebung in sich und gegenüber dem Deckblech zu verhindern. Dies ist die bis jetzt wirksamste, aber auch teuerste Methode, einen Asphaltbelag standsicher zu machen (Fig. 14). Die aufgeschweißten Zickzackrippen werden mit einer Isolierung überzogen. Der Belag wird in 2 Lagen eingebracht, wobei der Bitumengehalt nach den vorliegenden Erfahrungen nicht mehr als 8% betragen soll. Es besteht sonst die Gefahr, daß Bitumen an die Oberfläche gedrückt wird und sich eine Schmierschicht bildet, wie bei einer Großbrücke festgestellt wurde. Für die Einbringung des Belages sind von den Firmen verschiedene Arten entwickelt worden, die sich dank der teuren Zickzackroste bewährt haben. Statt der Roste können auch kurze Querrippen (Fig. 15) vorgesehen werden. Diese Querrippen und die Zickzackrippen sind 15—25 mm hoch. Sie werden mit kurzen Schweißnähten an das Deckblech angeschweißt. Man hat befürchtet, daß die vielen Schweißstellen zu Versprödungen des Deckbleches führen und somit die Dauerfestigkeit vermindern. Daher versucht man zur Zeit die Zickzackroste als geschlossene Matten aufzuschrauben oder aufzukleben. Dauerfestigkeitsversuche mit aufgeschweißten Zickzackrosten an der TH Stuttgart für die Stadt Düsseldorf ergaben jedoch, daß durch die Schweißstellen keine wesentliche Abminderung der Dauerfestigkeit eintritt.

Der zweite Weg ist, einen Belag zu entwickeln, der selbst in seinem Korngerüst so standfest ist, daß die Körner sich innerhalb des Belages nicht verschieben können und auch imstande sind, die Schubkräfte an die Blechoberfläche zu übertragen. Ein solcher Belag ist der Spezial-Vabitbrückenbelag (Fig. 16), ein Asphaltbeton, bei dem der Füller aus Feinstteilen besteht, die vorbearbeitet mit Bitumen und Fluxmittel umgeben werden. Der Bitumenanteil ist sehr gering, max. 6%, das Korngerüst daher sehr fest. Der Belag ist somit weitgehend temperaturunabhängig. Der Epoxyharzüberzug mit der Splitteinstreuung sorgt für eine vorzügliche Verdübelung der Vabitisolierung mit dem Deckblech. Die 3 Asphaltschichten werden mit Fertiger eingebracht

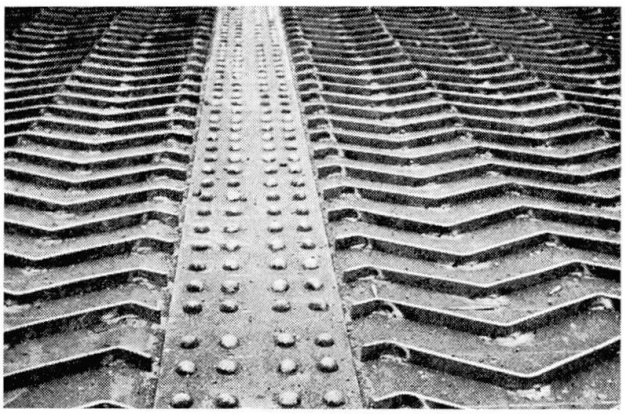


Fig. 14.

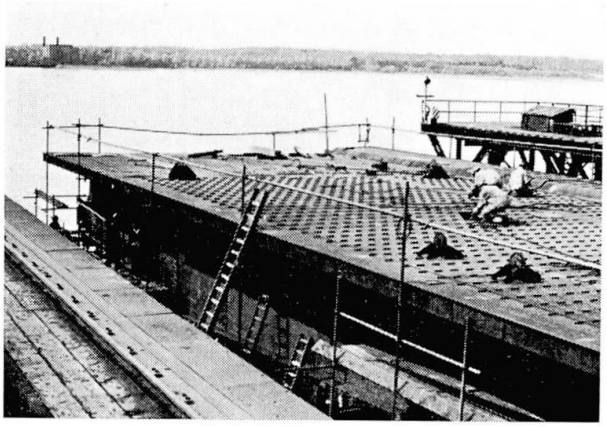


Fig. 15.

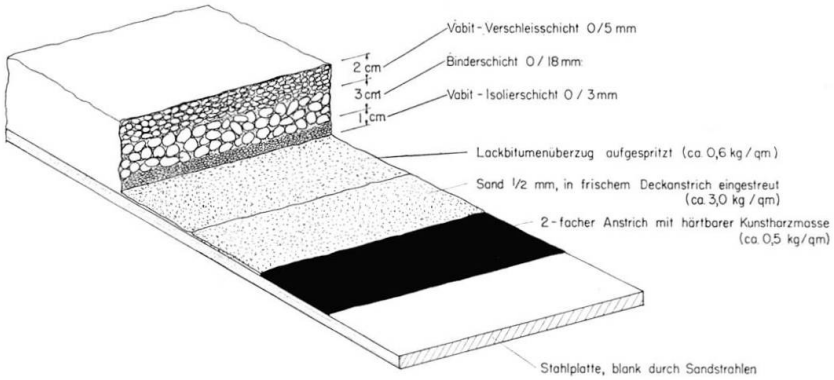


Fig. 16.

und mit Walzen von 4—14 t Gewicht verdichtet. So entsteht ein dichter, bitumenarmer Belag mit großer innerer Steifigkeit. Zur Zeit werden umfangreiche Versuche angestellt, um Haftfähigkeit am Blech und Dauerfestigkeit bei tiefen Temperaturen zu erproben.

Anschließend noch eine Betrachtung über das Zusammenwirken von Belag und Deckblech. Da angestrebt werden muß, daß der Belag im festen Verbund mit dem Stahlblech steht, entsteht eine Verbundwirkung, die von der Steifigkeit des Belages abhängt. Der dynamische E-Modul eines Asphaltbelages kann je nach Temperatur und Belastungsgeschwindigkeit zwischen 10 000 und

400 000 kg/cm² schwanken. Betrachtet man das Blech mit dem Belag als einen Verbundträger, der auf die Längsrippen oder Querrippen mit einer Stützweite von rund 30 cm gelagert ist, so ergibt sich für die Kurzbelastung durch die Brückenklassen 60 und 30 der in Fig. 17a—c dargestellt Verlauf der Biege-

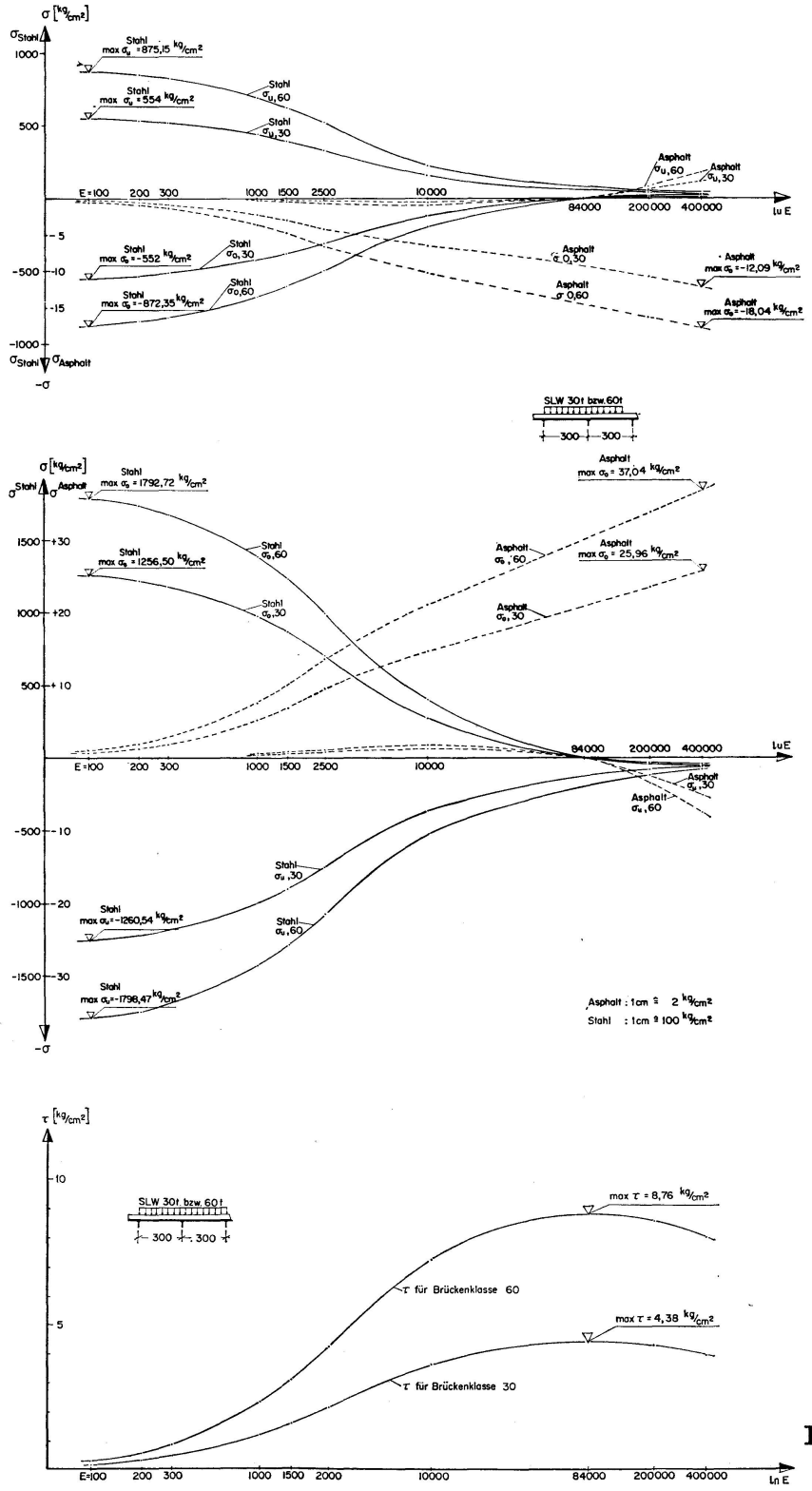


Fig. 17.

spannungen im Belag und im Deckblech sowie der Schubspannungen zwischen Belag und Blech. Da bei schneller Lasteinwirkung von weniger als $^1/_{10}$ sec. der E-Modul von Gußasphalt etwa zwischen 200 000 bis 300 000, der E-Modul von Asphaltbeton sogar 400 000 erreicht, können die Zugspannungen über den Stützrippen bis zu 35—40 kg/cm² ansteigen. Die größte Schubspannung kann etwa 10 kg/cm² maximal erreichen. Da das 60-t-Fahrzeug keine praktische Bedeutung hat, muß man für Dauerfestigkeitsbetrachtungen die Werte der Brückenklasse 30 heranziehen. Zu diesen örtlichen Spannungen kommen noch geringe Zug- und Schubspannungen aus der Haupttragwirkung durch die Verkehrslast. Wie diese errechneten Zugspannungen praktisch aufgenommen werden, müßte an Versuchen erprobt werden. Die oben genannten Versuche mit dem Vabitbelag werden hoffentlich Aufschlüsse geben. Die Schubspannungen nach Fig. 17c sind sehr hoch. Eine besonders starke Verdübelung ist daher für den Bestand der Decke wichtig. Zu diesen Schubspannungen kommen noch die Schubkräfte, welche aus den Spreizkräften resultieren, die im Belag unmittelbar unter dem Rad auftreten. Aus diesen rein theoretischen Überlegungen ist auch zu sehen, daß die Beanspruchung des Deckbleches bei steifem Belag, was stets bei Belastung mit hoher Geschwindigkeit der Fall ist, reduziert wird. Diese Entlastung wird sich auch zum Teil auf die Rippen und ihre Anschlußnähte auswirken, so daß für die bewegten Lasten der «dicke» Fahrbahnbelag nur günstige Beeinflussung bringt.

Der dünne oder «leichte» Belag kann aus einer 1—2,5 cm dicken Gummischicht aus Kunstkautschuk (Tivoplan) oder Naturkautschuk (Semtex) bestehen. Sie werden auf sandgestrahlte Deckbleche aufgebracht. Sie haben sich gut bewährt, besonders bei beweglichen Brücken, wo ihr geringes Gewicht von Bedeutung ist. Da der Preis je m² noch sehr hoch ist, war bis jetzt ihre Verwendung nur dann gerechtfertigt, wenn ihr geringes Gewicht besondere Einsparungen bringt, wie dies bei beweglichen Brücken der Fall ist. Neuerdings werden auch extrem dünne Beläge verwendet. Das sind aufgespritzte Kunstharzfolien mit Korundeinstreuungen. Die Bewährung auf lange Sicht im schweren Verkehr muß abgewartet werden. Wie eingangs erwähnt, haben die

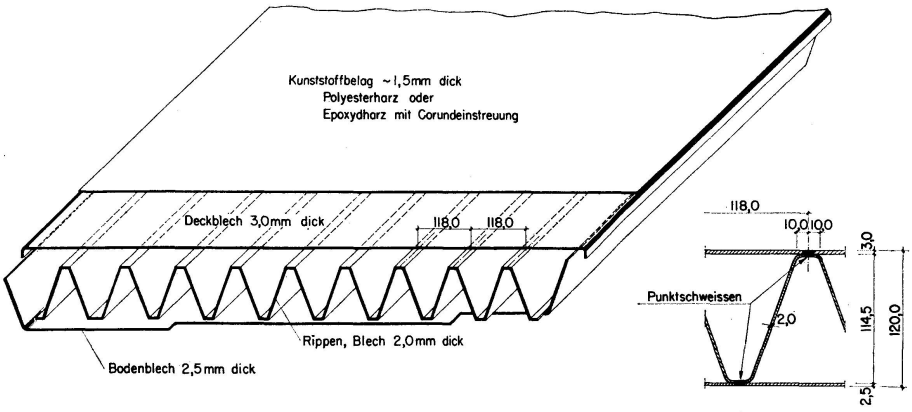


Fig. 18.

dünnen Beläge den Nachteil der geringeren Lastverteilung auf Blech und Rippen. Darüber hinaus erfordern sie auch absolut ebene Bleche, da ein Ausgleich, wie bei den 6—7 cm dicken Belägen, nicht möglich ist. Nach deutschen Verhältnissen wird eine Ebenheit der Fahrbahnoberfläche von 4 mm auf 4 m verlangt.

Die vorstehenden grundsätzlichen Überlegungen sollten hier noch zweckmäßig an ausgeführten Beispielen erläutert werden, wozu aber der Raum fehlt.

Abschließend wird noch auf eine weitere Entwicklung der Leichtfahrbahn, auf die Hohlflachplatte der Fa. Krupp mit den extrem dünnen Blechabmessungen, hingewiesen (Fig. 18). Ihre Bewährung wird in wirtschaftlicher Hinsicht von der weiteren Rationalisierung der Fertigung und in unterhaltungstechnischer Hinsicht von der Sicherung gegen Korosion abhängen. Statisch und konstruktiv erfüllen auch diese Hohlplatten alle Anforderungen.

Zusammenfassung

Unter Leichtfahrbahnen werden nur Flachbleche mit orthogonalen Aussteifungen verstanden. Es werden die 3 Entwurfsgrundsätze aufgezeigt:

1. Fahrbahntafel ist Träger des Fahrbahnbelages. Die erforderlichen Rippenabstände werden besprochen. Hierzu werden abschließend noch die typischen Belagarten und ihre Haltbarkeit und Beeinflussung der Stahlkonstruktion gezeigt.

2. Fahrbahntafel ist Gurt des gesamten Tragwerkes. Das Gesamttragverhalten mit den zulässigen Spannungen und die Dauerfestigkeit wird diskutiert.

3. Die wirtschaftlichste Lösung ergibt sich aus der günstigsten Kombination von Gewicht, Werkstattarbeit und Baustellenkosten.

Eine Reihe von Plattentypen ausgeführter Brücken wird gezeigt.

Summary

The term "light-weight deck" is applied here solely to flat steel sheets stiffened orthogonally. The author discusses the following three points:

1. The deck as a support for the surfacing. The problem of the spacing of the stiffeners is discussed and typical surfacings are described, with their behaviour over a period of time and their influence on the construction of the deck.

2. The deck forming a flange of the carrying system. The behaviour of the assembly is discussed, together with the permissible stresses and the fatigue strength.

3. The most economical solution results from the most favourable combina-

tion of the costs of the materials and of the labour in the workshop and for erection.

The author concludes with a description of some types of deck that have been constructed.

Résumé

Le terme «platelages légers» s'entend ici uniquement pour les tôles planes raidies orthogonalement. L'auteur discute les trois points suivants.

1. Le platelage en tant que support du revêtement. On discute le problème de l'espacement des raidisseurs et on présente les revêtements typiques avec leur comportement dans le temps et leur influence sur la construction du platelage.

2. Le platelage formant membrure du système porteur. Le comportement de l'ensemble est discuté, ainsi que les contraintes admissibles et la résistance à la fatigue.

3. La solution la plus économique résulte de la combinaison la plus favorable du prix de la matière et de la main-d'œuvre en atelier et au montage.

Pour terminer, l'auteur présente quelques types de platelage exécutés.

Leere Seite
Blank page
Page vide