

DIE BAUTECHNIK

18. Jahrgang

BERLIN, 19. Juli 1940

Heft 31

Alle Rechte vorbehalten.

Die Markthalle in Santiago del Estero (Argentinien).

Von Dipl.-Ing. W. Wagner, Buenos Aires.

Pa 330

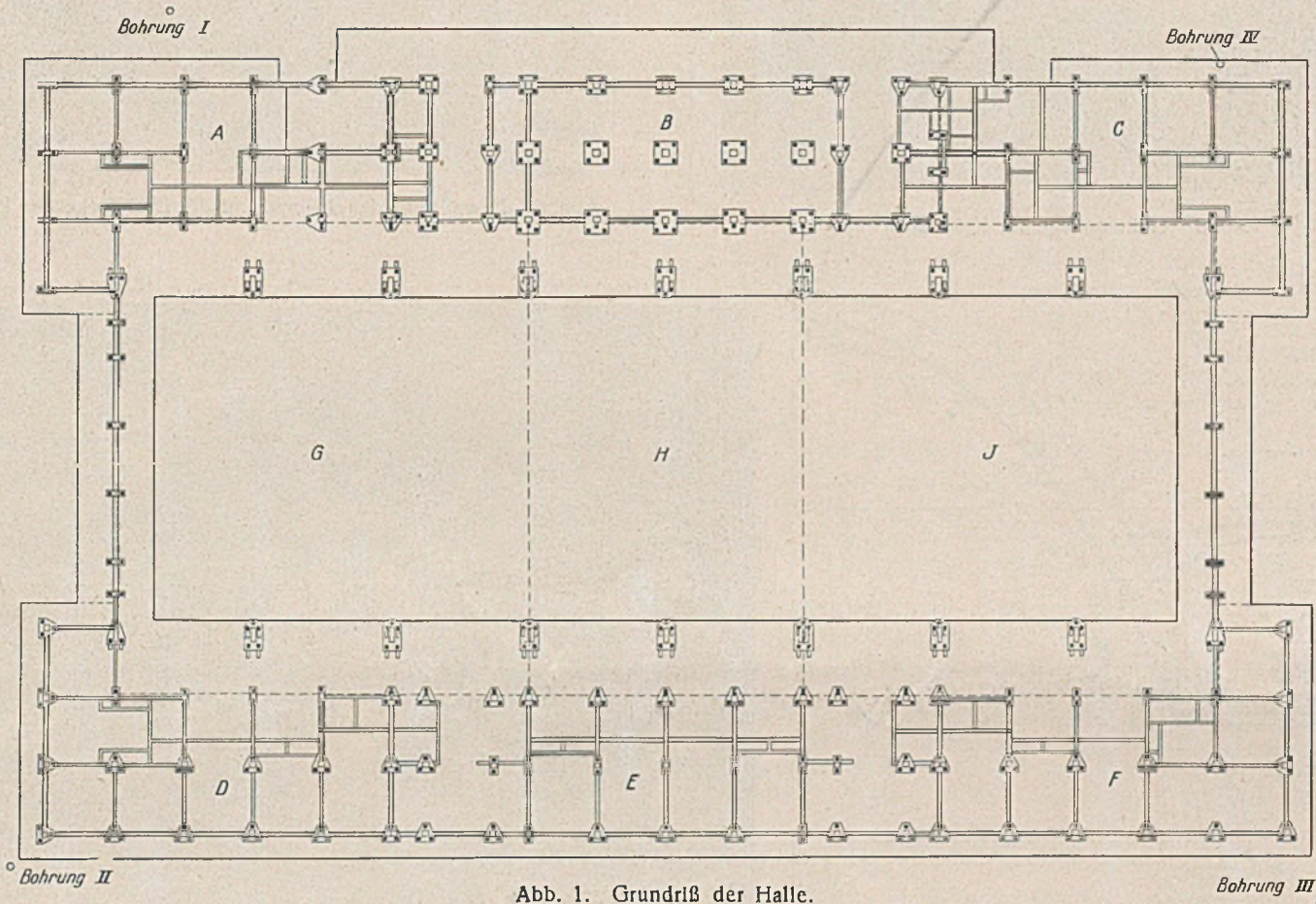


Abb. 1. Grundriß der Halle.

Zu Anfang des Jahres 1935 übertrug die Stadtverwaltung von Santiago del Estero den Unternehmen Bromberg & Cia. und Siemens-Bauunion den Auftrag für den Bau einer Markthalle, die den Erfordernissen des Klimas entsprechen und mit neuzeitlichen Einrichtungen versehen werden sollte.

Santiago del Estero ist die Hauptstadt der Provinz gleichen Namens und im Norden Argentiniens gelegen. Das Klima ist subtropisch, weshalb auf umfangreiche Kühl- und Lagerräume besonderer Wert gelegt wurde. In der großen Markthalle sind die offenen Verkaufsstände untergebracht und in den sie umschließenden Anbauten wurden, soweit sie nicht durch die genannten Kühl- und Lagerräume oder Büros in Anspruch genommen wurden, Läden und Wirtschaftsräume eingerichtet. Mit dem Bau der Markthalle

sollten vor allen Dingen auch einwandfreie hygienische Zustände in den Betrieb der Lebensmittelgeschäfte gebracht werden.

Der Grundrißplan (Abb. 1) zeigt, daß der Bau im allgemeinen symmetrisch zur Hauptachse der Halle angeordnet ist. Die Gliederung der Bauteile D, E und F ist aus Abb. 2 ersichtlich. Die Gebäudeteile A und C entsprechen den Baukörpern D und F. Der Bauteil B hat vier Stockwerke, in denen die Eisfabrik und ein großer Teil der Kühl- und Lagerräume untergebracht sind (Abb. 3).

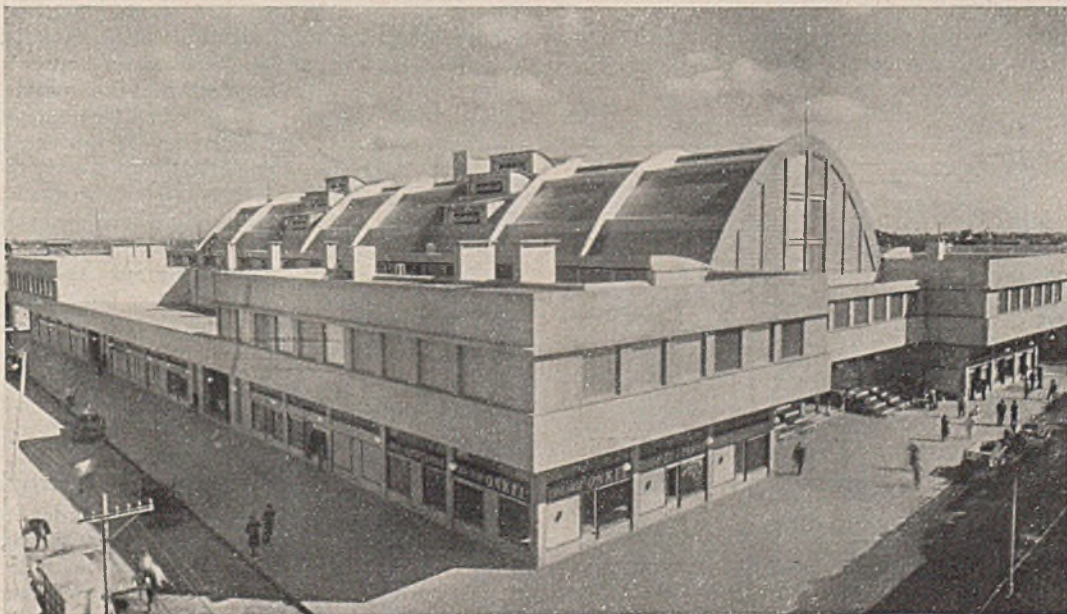


Abb. 2. Ansicht der Halle und ihrer Umbauten.

In einen Seitenbau ist das Kraftwerk und ein Tiefbrunnen für den Betrieb der Eisfabrik und der Kühlanlagen eingebaut. Die Verwaltungsräume befinden sich teils im Ober-, teils im Untergeschoß der Markthalle. In dem den Kühlanlagen gegenüber-

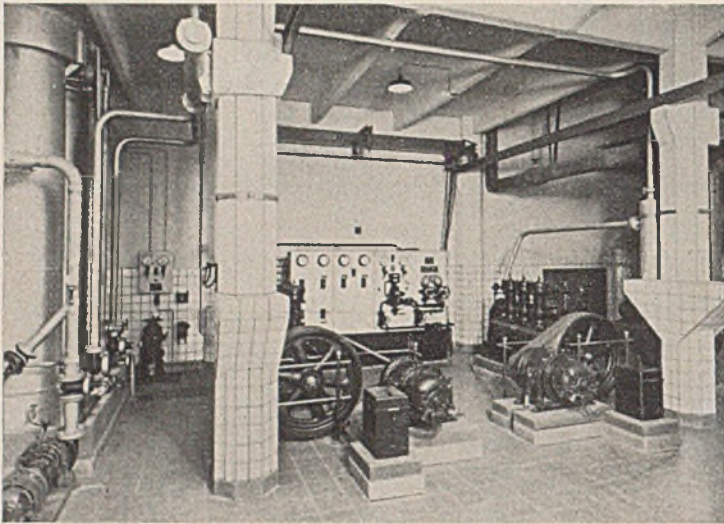


Abb. 3. Gefrieranlage im Kühlhaus.

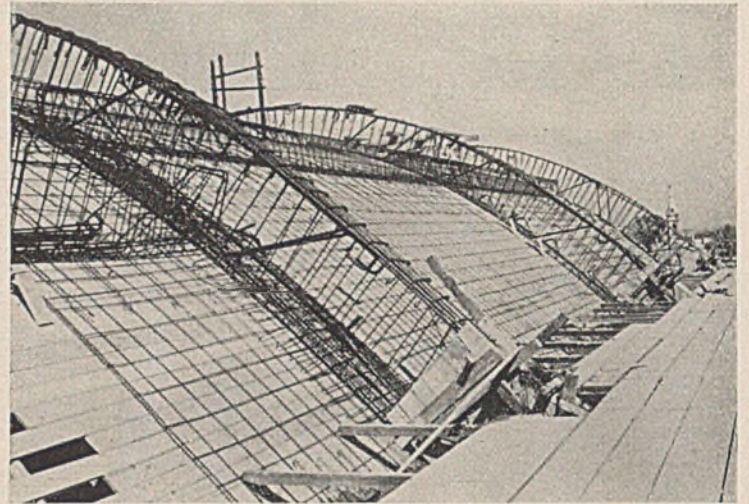


Abb. 6. Bewehrung des Bogens und der Dachdecke der Haupthalle.

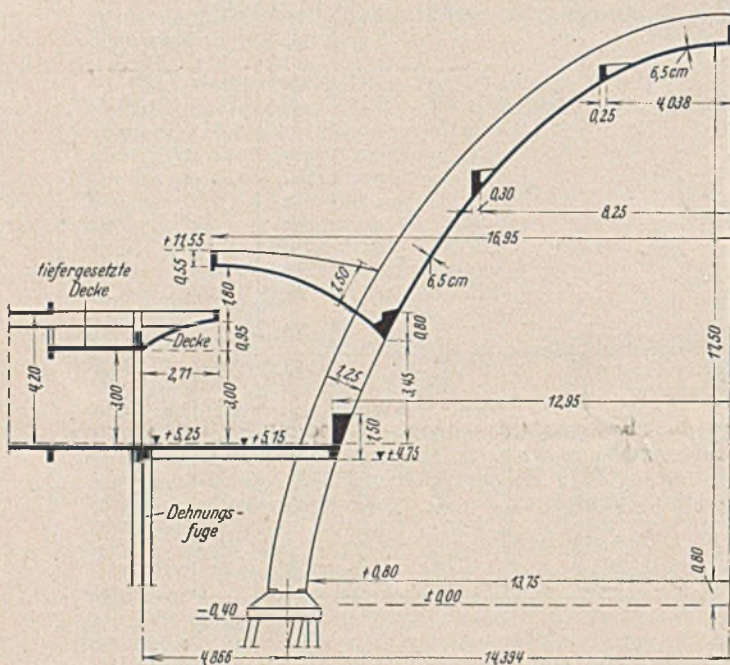


Abb. 5. Verspannung des Hauptbogens und der Kragträger.

M. 1 : 250.



Abb. 7. Inneres der Haupthalle.

liegenden Teil ist eine Erweiterung durch Aufstocken vorgesehen, aber bis heute noch nicht durchgeführt.

Gründung. Zur Bestimmung der Gründungsart wurden an den vier Ecken des Gebäudes Bohrungen ausgeführt, deren Ergebnis in Abb. 4

dargestellt ist. Die in geringer Tiefe liegenden Sand- und Klesschichten sind stark wasserführend und werden durch den Wasserstand des die Stadt Santiago durchfließenden Rio Dulce beeinflusst. Zur Zeit der Ausführung der Bohrungen wurde

das Grundwasser bereits in einer Tiefe von 1,20 m angetroffen. Die oberste Schicht feinen Sandes erwies sich als wenig tragfähig; überdies wurde bei fortschreitender Ausschachtung der Wasserandrang immer stärker. So ergab sich als zweckmäßigste Gründungsart die Rammung von Eisenbetonpfählen, für die ein Querschnitt von 30 x 30 cm und eine Bewehrung von vier Längseisen von 16 mm Durchm. gewählt wurde. Auf Grund von Proberammungen wurde für 6 m tief gerammte Pfähle eine zulässige Belastung von 30 t ermittelt. Die Pfähle für die Gründung der Rahmen der Markthalle wurden jedoch auf die in 10 bis 12 m Tiefe liegende harte Tonschicht geführt, um dadurch für diese empfindlicheren Bauteile selbst geringe Setzungen auszuschließen. Für diese Pfähle wurde mit einer Tragkraft von 40 t gerechnet.

I	II	III	IV
-0,60 Auffüllung	-0,60 Auffüllung	-0,60 Auffüllung	-0,60 Auffüllung
-1,20 Grundwasserstand	-1,20 Grundwasserstand	-1,20 Grundwasserstand	-1,20 Grundwasserstand
graber Sand	feiner Sand	feiner Sand	feiner Sand
-3,00	weicher Ton	-3,00	-2,50 grober Sand
-4,00 Mittelsand	feiner Sand m. wenig Kies	-4,80 Mittelsand	-3,50 toniger Sand
-4,50 feiner Sand	Mittelsand	-5,50 grober Sand	-5,00 grober Sand
-7,00 Ton mit Kies	-6,00 Ton	-6,00 sandiger Ton	-6,00 Ton
-8,50	-1,00	toniger Sand	-7,20 weicher Ton
Ton	Ton m. sehr feinem Sand	-9,50	-10,00 weicher sandiger Ton
-10,00	-10,00 Sand, etwas tonig	Mittelsand	-11,50 fester Ton
-10,50	-10,50 Feinsand	-11,00 feiner Sand, etwas tonig	-13,00 fester Ton
-11,00	-11,00 fester Ton	-12,60 fester Ton	-14,60 fester Ton
-12,50	-12,50 Feinsand ?		
-13,00	-13,00 harter Ton		
-14,50	-14,60 sehr harter Ton		

Abb. 4. Bohrergebnisse.

Die Anordnung der Pfähle ist aus dem Grundrißplan (Abb. 1) ersichtlich, der außerdem noch allgemeine Angaben über die Form der Platten enthält, die die Pfahlgruppen umschließt. Auch die Lage der Verbindungsträger, die gleichzeitig das Mauerwerk aufnehmen, ist angegeben.

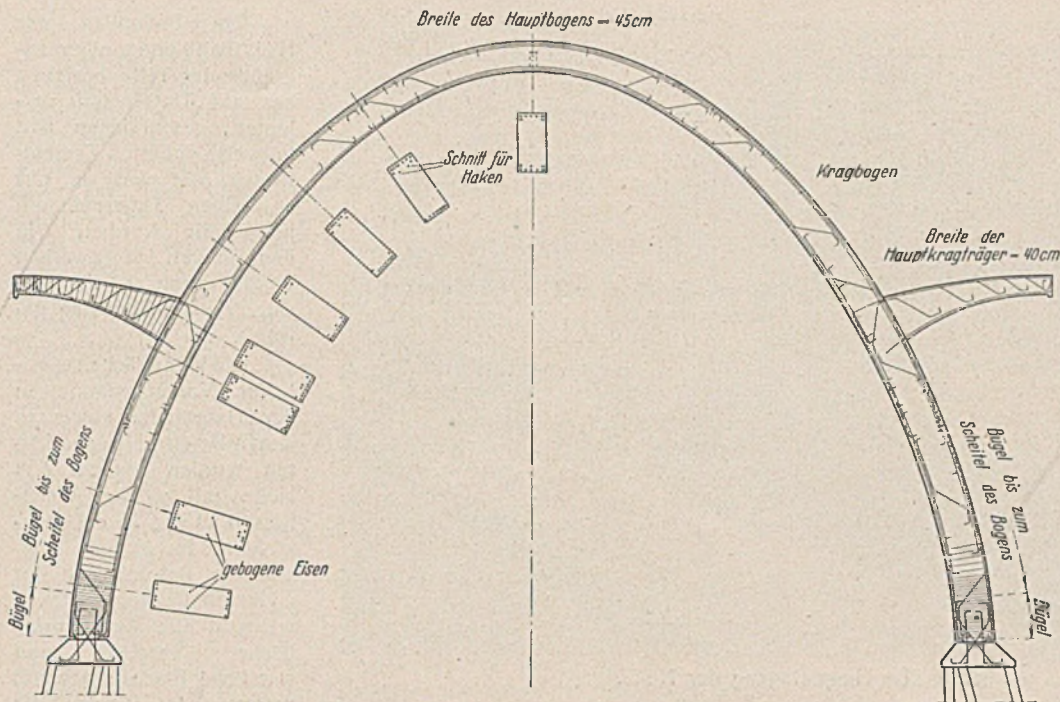


Abb. 8. Bewehrung des Hauptbogens und des Hauptkragträgers.
M.: 1:250.

Traggerippe für die Geschoßdecken. Sämtliche tragenden Bauteile wurden in Eisenbeton ausgeführt, wobei alle Lasten durch Stützen auf die Gründung übertragen wurden, so daß das Mauerwerk lediglich zum Ausfüllen der Wand und als Auflage der Dichtungsschichten diente. Diese Bauweise hatte den Vorteil, daß die Eisenbetonarbeiten unabhängig von dem Mauerwerk ausgeführt werden konnten, wodurch auch die Bauzeit verringert wurde.

Die Teile A bis F haben gewöhnliche Eisenbetondecken, deren Trägerlage nach den Nutzungszwecken festgelegt wurde. Als Nutzlasten sind zugrunde gelegt:

für die Büros	300 kg/m ²
„ Kühlkammern	800 „
„ Verkaufsräume	500 „
„ Flachdächer	150 „

In der Berechnung für die Geschoßdecken wurden als höchstzulässige Beanspruchungen $\sigma_b = 45 \text{ kg/cm}^2$ und $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ angenommen. Die Säulen wurden nach den deutschen Vorschriften bemessen. Bei größeren Abmessungen sind Spannungen bis $\sigma_b = 50$ bis 55 kg/cm^2 zugelassen worden.

Hallenbauten. Die 88 m lange, 17,85 m hohe und 27,54 m breite Halle wurde vollständig in Eisenbeton ausgeführt. Es wurden elf Rahmenbinder mit 18,30 m Pfeilhöhe angeordnet. Die Binderentfernungen wurden zu 11,11 m gewählt, wobei zwei Dehnungsfugen (zwischen dem 3. und 4. und zwischen dem 5. und 6. Feld) vorgesehen wurden. Die 6,5 cm dicke gewölbte Dachdecke wird durch Längsträger (Pfetten), die auf den Bindern gelagert sind, gestützt (Abb. 5). Die Bewehrung der Bogenbinder, der

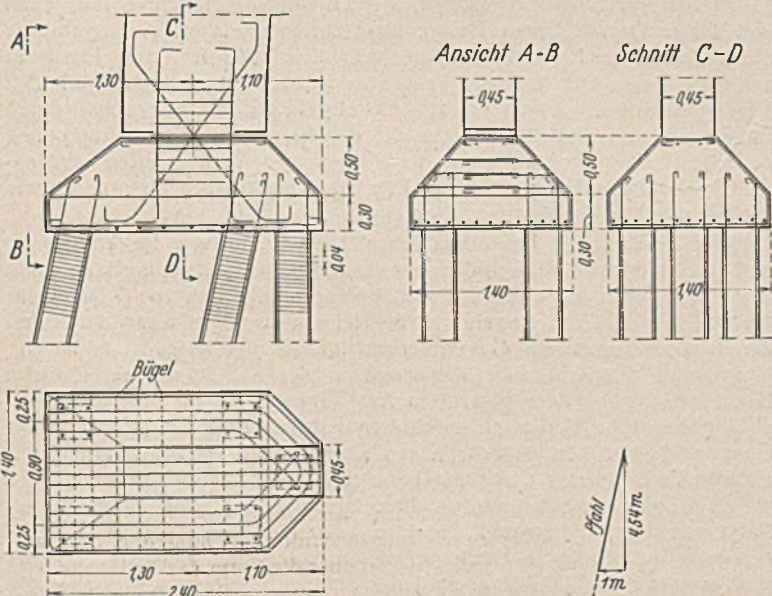


Abb. 9. Gründung der Hauptträger.
M.: 1:66 2/3.

Pfetten und der Decke zeigt Abb. 6. Im 3. und 6. Feld sind je sechs Oberlichter angeordnet (Abb. 7). An beiden Seiten der Hallenbinder sind ungefähr in der Höhe von 10 m über Gelände gekrümmte Kragdächer auf die ganze Länge der Halle vorgesehen. Auf diese Weise wurden noch seitliche Bühnen zur Unterbringung von weiteren Verkaufsständen geschaffen (Abb. 5).

Die statische Grundform der Halle ist der Zweigelenkbogen (Abb. 8). Er wurde unter Berücksichtigung aller in Frage kommenden Belastungen berechnet, nämlich des Eigengewichtes der Binder und des Daches, eines Winddruckes von 150 kg/m^2 senkrecht zu der getroffenen Fläche und für einen Temperaturunterschied von 40° C . Die statisch unbestimmte Größe wurde zeichnerisch ermittelt, wobei sich für den waagerechten Schub folgende Einzelwerte ergaben:

1. Eigenlast des Bogens einschließlich der Dachdecke unter Berücksichtigung der Kragträger $H = 29,675 \text{ t}$
2. Wind allein $H_W = 4,45 \text{ t}$
3. Temperaturunterschied von 40° C $H_T = 0,075 \text{ t}$

Es wurden für 19 Schnitte die Momente und Längskräfte ermittelt, die Ergebnisse für die wichtigsten Schnitte sind die folgenden:

Scheitel:

ohne Wind $M = 56,7 \text{ tm}$, $N = 29,75 \text{ t}$, $\sigma_b = 50 \text{ kg/cm}^2$
mit Wind $M = 51,6 \text{ tm}$, $N = 36,05 \text{ t}$.

Unterhalb des Kragarmes:

ohne Wind $M = -72,4 \text{ tm}$, $N_2 = 65,50 \text{ t}$
mit Wind $M = -118,10 \text{ tm}$, $N_2 = 75,00 \text{ t}$, $\sigma_b = 49 \text{ kg/cm}^2$

Kämpfer:

ohne Wind $H = 29,75 \text{ t}$, $N = 135,00 \text{ t}$
mit Wind $H = 34,20 \text{ t}$, $N = 142,85 \text{ t}$.

Auf Grund dieser Ergebnisse wurden die Bogen mit einem Scheitelquerschnitt von $45 \times 95 \text{ cm}$ und einem Kämpferquerschnitt von $45 \times 125 \text{ cm}$ bemessen. Die Anzahl der Rundeisen und ihre Anordnung ist in Abb. 8 dargestellt. Die entsprechenden Abmessungen der Binder an den Dehnungsfugen sind $30 \times 95 \text{ cm}$ im Scheitel und $30 \times 125 \text{ cm}$ im Kämpfer.

Die beiden äußeren Binder haben je zwei Träger und sieben Hängestangen, die sie mit dem Bogen verbinden (Abb. 2 und 11). Die Binder sind als Zweigelenkbogen mit Zugband, das sich in der Höhe des Kragdaches befindet, berechnet.

Die Ausbildung der Gelenke und der Grundplatten sowie die Anordnung und Neigung der Pfähle ist in Abb. 9 dargestellt. Bei der Berechnung der Pfahlgründung wurde angenommen, daß die geneigten Pfähle alle Kräfte aufnehmen; der senkrechte Pfahl ist lediglich als weitere Sicherheit hinzugefügt worden.

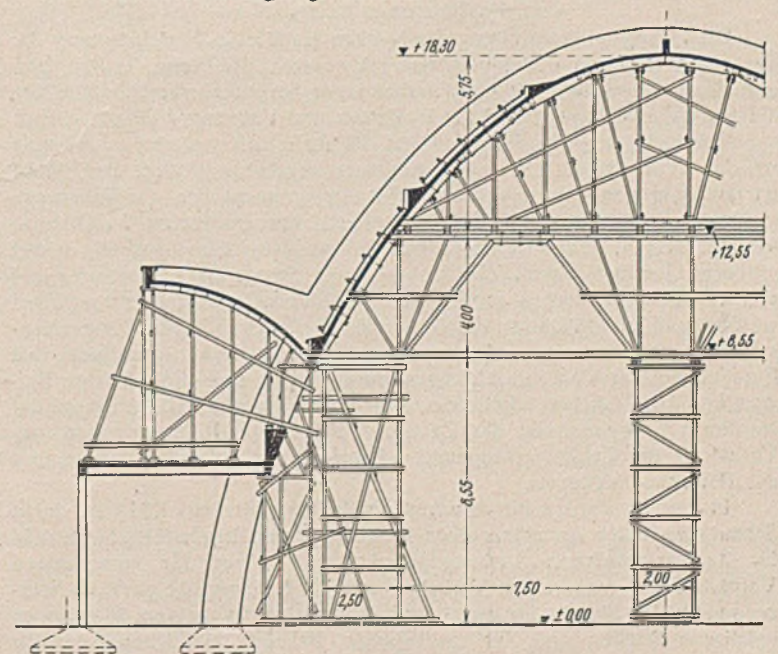


Abb. 10. Schalungsgerüst des Hauptbogens.
M.: 1:250.

Bauausführung: Um den Betrieb des alten Markthauses notdürftig aufrecht erhalten zu können, mußte der Bau in drei Abschnitten ausgeführt werden. Die gesamte Bauzeit war auf zehn Monate angesetzt worden, wobei nach sechs Monaten der erste Teil der Benutzung übergeben werden sollte.

Zur Beurteilung der geleisteten Eisenbetonarbeiten können folgende Angaben dienen:

Pfahlgründung: 82 Pfähle von 12 m Länge und 389 Pfähle von 6,50 m Länge.

Grundplatten und Verbindungsträger:

140 m³ Beton

20 t Eisen

1 200 m² Schalung

Traggerippe: 8420 m² Flachdecken und 3920 m² gekrümmte Flächen mit insgesamt

2033 m³ Beton

307 t Rundeseisen

25 100 m² Schalung

Bemerkenswert sind noch die Rüstungen für die große Halle (Abb. 10), die mit Rücksicht auf den beschränkten Platz so angeordnet werden mußten, daß sowohl eine freie Durchfahrt wie auch der notwendige Arbeitsplatz vorhanden waren.

Da die Temperaturen in Santiago del Estero im Sommer 40° C betragen, wurde auf ausreichende Belüftung größter Wert gelegt. Sie geht ausschließlich auf natürlichem Wege vor sich, und zwar durch die großen, auf dem Hauptdach angebrachten Oberlichter und durch zahlreiche Fenster (Abb. 11). Außer im Erdgeschoß sind die Fenster unverglast; sie enthalten nur senkrechte, um 180° verstellbare Fensterläden, mit denen man sich dem jeweiligen Stand der Sonne während des Tages anpassen kann. Die Erdgeschoßfenster, wie auch die Schaufenster der Ladengeschäfte, wurden in üblicher Weise verglast. Die seitlichen Giebelflächen sind zu Belichtungszwecken mit in Eisenbetonrahmen verlegten Glasscheiben ausgestattet.



Abb. 11. Haupteingang der Halle.

Geschäftsräume sind die Außenflächen mit Travertin verkleidet und darüber mit dem in Argentinien beliebten Putz aus weißem Zement und Marmormehl versehen. Alle festen Verkaufsstände wurden gleichzeitig mit dem Bau ausgeführt und durchweg mit Tischplatten aus 4 cm dickem weißem Marmor versehen. Die Kühlräume erhielten in üblicher Weise Wärmeschutz aus Kork und wurden allseitig mit Zementmörtel verputzt. Fenster und Türen sind in Eisen erstellt und durch Spritzlacküberzug geschützt. Die Haupttore wurden als Scheerengittertore ausgebildet.

Für die Wasserversorgung und die Entwässerung wurden Anlagen neuester Art vorgesehen. Auch für die sanitären Einrichtungen und Trinkbrunnen wurde in reichlichem Ausmaß gesorgt. Die gesamte elektrische Einrichtung wurde von den Siemens-Schuckertwerken ausgeführt.

Die Bauarbeiten konnten sämtlich im Rahmen des Bauplanes erledigt werden, so daß das Gebäude zum festgesetzten Zeitpunkt eingeweiht wurde. Santiago del Estero hat damit eine in jeder Beziehung neuzeitlich und großzügig gestaltete Markthalle erhalten, wie sie in den Provinzen des nördlichen Argentinien sonst nicht vorhanden ist.

Alle Rechte vorbehalten.

Straßenunfälle — Straßenbau.

Von Landesbaurat Großjohann, Düsseldorf.

(Schluß aus Heft 30.)

15. Fahrbahnbreite.

Die Querschnittsgestaltung der Straßen ist für die Einschränkung der Verkehrsunfälle von Bedeutung, und zwar sowohl die Breite der Fahrbahn und der Bermen als auch etwa vorhandener besonderer Verkehrsstreifen, die als Wirtschaftswege und für Radfahrer und Fußgänger dienen.

Der wichtigste Teil der Straße ist die Fahrbahn, die so auszubauen ist, daß sie den Bedürfnissen des Kraftwagenverkehrs genügt. Ihre Breite ist abhängig von den zugelassenen Breitenabmessungen der Fahrzeuge (nach der Straßenverkehrsordnung für Kraftfahrzeuge bis zu 7 t Gesamtgewicht 2,35 m, über 7 t 2,50 m), von der Ausbaugeschwindigkeit, da bei größerer Geschwindigkeit die Abstände der Fahrzeuge voneinander und von den Fahrbahnkanten zur Erhaltung der Verkehrssicherheit vergrößert werden, und schließlich von der Größe des Verkehrs und seiner Zusammensetzung aus den verschiedenen Fahrzeugarten. Dabei muß von den Ergebnissen der Verkehrszählungen ausgegangen und die künftige Entwicklung der Verkehrsverhältnisse, soweit sie erkennbar ist, berücksichtigt werden. Maßgebend ist die Zahl der Fahrzeuge je Stunde und das Verhältnis der Zahl der bespannten Fuhrwerke, der Lastkraftwagen und der Personenkraftwagen.

In den Richtlinien für den Ausbau der Landstraßen (RAL) ist durch Schaulinien unter Annahme einer kreuzungs- und hindernisfreien Straße für die verschiedenen Ausbaugeschwindigkeiten und für verschiedene Verhältnisse der einzelnen Verkehrsarten die Leistungsfähigkeit in Fahrzeugen in der Stunde für zwei- und dreispurige in beiden Richtungen befahrene Straßen und für zweispurige Bahnen im Richtungsverkehr angegeben, die einen Anhalt für die Bemessung der Fahrbahnbreite bieten. Praktisch werden diese als Höchstwerte unter den günstigsten

Verkehrsverhältnissen geltenden Leistungen bei weitem nicht erreicht. Je nach der Zahl der einmündenden und kreuzenden Wege, der schienen-gleichen Kreuzungen mit Bahnen, der Ortsdurchfahrten, der Engstellen und der unübersichtlichen Punkte für die Längeneinheit verringert sich die rechnerische Leistungsfähigkeit erheblich. Die für eine Fahrbahn zulässige Verkehrsdichte wird besonders nachteilig beeinflusst durch den Verkehr langsamer, vor allem landwirtschaftlicher Fuhrwerke und durch Fußgänger- und Radfahrerverkehr auf der Fahrbahn. Durch Anordnung besonderer Verkehrsstreifen für diese langsamen Verkehrsarten wird sowohl die Leistungsfähigkeit der Fahrbahn beträchtlich vergrößert wie die gegenseitige Gefährdung stark eingeschränkt.

Für Straßen mit besonders lebhaftem Verkehr von Lastkraftwagen und Lastzügen ist eine Vergrößerung der üblichen Zweispurbreite von 6 m erwünscht. Man hat daher für solche Fälle eine Breite von 7,50 m für die zweispurige Bahn eingeführt. Sie ist anzuwenden, wenn der Anteil der Lastkraftwagen am Gesamtverkehr größer als 25% ist und wenn gleichzeitig die Zahl aller Fahrzeuge in der Stunde die rechnerische Höchstleistung bei der gewählten Ausbaugeschwindigkeit um mehr als 50% übersteigt. Von straff geschulten Fahrzeugtrupps mit einheitlicher Geschwindigkeit können Fahrbahnen dieser Breite bei Ausschaltung der anderen Verkehrsarten dreispurig benutzt werden. Fahrbahnen mit mehr als zwei Spuren werden nur in besonderen Fällen, vor allem in der Nähe von Großstädten und für ihre Verbindung mit Reichsautobahn-auffahrten notwendig. Fahrbahnen, die durch erhöhte Randsteine begrenzt sind, werden um je 0,50 m an jeder Seite verbreitert, wobei aber die Rinnen mit zur Fahrbahn gerechnet werden, weil schnell fahrende Wagen einen größeren Sicherheitsabstand von den Bordsteinen einhalten.

16. Bermen, Fußgänger und Radfahrer.

Die Bermen neben der Fahrbahn dienen der Verkehrssicherheit dadurch, daß sie einen ausreichenden Raum zwischen dem Fahrbahnrande und den an der Kronenkante oder in Grünstreifen stehenden Straßenbäumen, Leiteinrichtungen und den Pfosten der Verkehrsschilder frei halten. Fahrzeuge, die durch Nachlässigkeit der Fahrer oder auch zur Vermeidung von Unfällen von der Fahrbahn abkommen oder abgelenkt werden, haben auf den Bermen Gelegenheit, ohne erhebliche Gefährdung wieder in die richtige Fahrtrichtung hineinzukommen. Die Breite der Bermen ist abhängig von der Ausbaugeschwindigkeit, wobei man im Hügellande und im Gebirge wegen der höheren Kosten Einschränkungen zuläßt. Bäume, die für von der Fahrbahn abkommende Fahrzeuge eine besondere Gefahr bilden, sollen mindestens 2 m Abstand von der Fahrbahnkante haben. Auf den alten Straßen haben in manchen Gegenden die beiden Baumreihen geringere Abstände als 10 m, bis herab zu 7 m und weniger. Hier muß häufig schon beim Ausbau der Fahrbahn mit 6 m Breite entweder eine Baumreihe entfernt werden oder eine größere Gefährdung durch die Bäume in Kauf genommen werden, die von vorsichtigen Fahrern durch Ermäßigung der Geschwindigkeit ausgeglichen wird. Bei Straßen mit schönen, noch nicht abständigen Baumreihen bestehen meist starke Widerstände gegen ihre Beseitigung. Das Stehenlassen nur einer Baumreihe ist ein allerdings wenig befriedigender Ausweg.

Für den Fußgängerverkehr auf der freien Landstraße, der in der Regel sehr gering ist, genügt gewöhnlich die Berme oder auf verkehrsarmen Straßen der Rand der Fahrbahn. Bei stärkerem Fußgängerverkehr, wie er in der Nähe von größeren Ortschaften und Industrieanlagen oder in Ausflugsgebieten vorkommen kann, ist zur Abwendung der Gefährdung durch die Kraftwagen die Anlegung besonderer Fußwege erforderlich. Die Breite richtet sich nach der Zahl der Fußgänger je Stunde. Für eine Spur ist das Maß von 0,80 m festgesetzt. Bei Anordnung erhöhter Gehwege unmittelbar neben der Fahrbahn muß ein Sicherheitsstreifen von 0,50 m Breite bis zur Bordsteinkante angeordnet werden, damit eine Gefährdung durch überstehende Fahrzeugteile oder Ladungen verhindert wird.

Eine der unangenehmsten Gefahrenquellen im Straßenverkehr ist die Benutzung der Fahrbahn durch Radfahrer. Durch die Anlegung besonderer Radwege wird die völlige Beseitigung der Gefährdung im Längsverkehr erreicht; bei der Überquerung der Fahrbahn durch Radfahrer bleibt allerdings die Möglichkeit von Zusammenstößen bestehen. Der Radwegbau ist in einem Aufsatz in dieser Zeitschrift¹⁾ vom Verfasser eingehend behandelt. Als Breite für eine Radspur ist in den RAL das Maß von 0,80 m festgesetzt. Zweispurige Radwege, die nur in einer Richtung befahren werden, erhalten 1,60 m, für jede weitere Spur zusätzlich 0,90 m; wenn sie für beide Richtungen dienen, 1,80 m, für jede weitere Spur 0,80 m Befestigungsbreite.

17. Oberfläche der Fahrbahn.

Sehr stark beeinflußt wird die Verkehrssicherheit des Schnellverkehrs durch die Beschaffenheit der Fahrbahn-Oberfläche. Beeinträchtigungen der Ebenförmigkeit, wie sie durch einzelne Mulden oder durch Reihen von Vertiefungen (Wellenbildungen) erzeugt werden, üben nicht nur ungünstige Wirkungen auf die Fahrzeuge, ihre Insassen und die Ladung aus, sondern sind auch für die Fahrsicherheit nachteilig. Durch das Abheben der Räder in den Mulden und das Springen über die Wellentäler wird die Schleudergefahr beträchtlich erhöht. Durch richtige Zusammensetzung und sorgfältige Ausführung der bituminösen Decken, bei denen die Entstehung von Wellen in erster Linie in Frage kommt, und durch Herstellen eines kräftigen, gegen Verdrückungen widerstandsfähigen Unterbaues wird heute die Ebenförmigkeit beim Bau und ihre dauernde Erhaltung gesichert.

Eine erheblich größere Rolle als wirkliche und mehr noch als vorgeschobene Unfallursache spielt die von dem Feingefüge der Oberfläche abhängige Eigenschaft der Fahrbahn, die als Grifförmigkeit bezeichnet wird. Ist sie in unzureichendem Maße vorhanden, so wird allerdings die Gleitsicherheit der Straßenoberfläche mehr oder weniger stark beeinträchtigt. Unter ungünstigen Umständen kann die Reibung zwischen Rad und Fahrbahn so gering werden, daß die Räder nicht mehr genügend an der Straßenfläche haften und in der Fahrtrichtung oder quer zu ihr rutschen. Die Grifförmigkeit einer Straße wird im wesentlichen bedingt durch die Rauheit der Oberfläche. Neben der Reibung wirkt zur Erzielung der Grifförmigkeit noch ein Widerstand mit, der durch eine mechanische Haftung der Reifen an der Straßendecke hervorgerufen wird. Diese Haftung wird erzeugt durch das Ineinandergreifen der Unebenheiten des Reifengummis und der Höcker und Vertiefungen der Straßenoberfläche; sie ist daher hauptsächlich von dem Zustande der Reifen und der Oberfläche abhängig. Bei hohen Geschwindigkeiten kann allerdings die Zeitdauer der Berührung so kurz

werden, daß diese Wirkung, zumal bei leichteren Fahrzeugen, nicht zur Entwicklung kommen kann.

Die Rauheit einer Straßenoberfläche wird erzeugt durch die an ihrer Oberfläche vorhandenen Vertiefungen (Poren) und Erhebungen (Höcker), wobei ihre Zahl auf der Flächeneinheit, ihre Abmessungen und ihre Form von Einfluß sind. Bei Pflaster und größeren an der Oberfläche liegenden Gesteinsstücken sind diese Unebenheiten im Gestein selbst vorhanden; bei aus Mineralstoffen und einem Bindemittel zusammengesetzten Belägen werden sie durch hervorstehende Gesteinsteile (Splitt- und Sandkörner) gebildet. Nach dem Größenmaß der Unebenheiten unterscheidet man feingriffige Oberflächen von sandpapierartiger Beschaffenheit, mittelgriffige, deren größte Rauheit etwa der einer Oberflächenbehandlung mit Splitt bis zu 12 mm Korngröße entspricht, und grobgriffige Beläge bei Verwendung von Splitt bis zu 18 mm Korngröße. Der Rauheitsgrad der Straßenoberfläche darf nicht beliebig gesteigert werden. Zu große Unebenheiten stören die Berührung zwischen Rad und Fahrbahn und erzeugen erhöhte Rutschgefahr.

Die Rauheit feingriffiger Beläge ist bei Trockenheit zweifellos ausreichend, um sicheres Fahren zu ermöglichen. Jedoch wird die Verkehrssicherheit solcher Oberflächen durch Bildung einer zusammenhängenden Wasserschicht bei Regen und in verstärktem Maße bei Vorhandensein einer Glibberschicht eingeschränkt. Durch Verwendung gesommerter Reifen kann die Gefährdung abgeschwächt werden. Auch das Sicherheitsgefühl der Fahrer wird in diesem Falle geringer, weil das bei Trockenheit stumpfe Aussehen solcher feingriffigen Beläge bei Nässe verschwindet. Grobgriffige Fahrbahnen sind für besondere Fälle, z. B. für Steilstrecken, geeignet. Im übrigen bieten sehr rauhe Oberflächen für den Schnellverkehr kaum mehr an Gleitsicherheit als mittelgriffige; dagegen sind der Rollwiderstand und damit die Betriebskosten der Kraftfahrzeuge auf ihnen größer. In der Regel sind demnach mittelgriffige Beläge für die Verkehrssicherheit am günstigsten und auch für die Wirtschaftlichkeit des Verkehrs zweckmäßig.

Beim Bau bituminöser Straßendecken wird heute der Erzielung einer rauhen Oberfläche besondere Aufmerksamkeit zugewendet. Durch genügende Mengen größerer Splittkörnungen im Mineralanteil und durch sparsame Bemessung der Bindemittelmenge kann dieser Erfolg bei allen Bauweisen erreicht werden. Daß nach diesen Gesichtspunkten hergestellte Decken nun auch während ihrer ganzen Lebensdauer rau bleiben, muß allerdings bei Verkehr eisenbereifter Fuhrwerke und auch bei starker Belastung durch schwere Kraftfahrzeuge bezweifelt werden. Vielmehr wird sich der ursprüngliche Rauheitsgrad allmählich durch Abschleifen der Höcker unter dem Verkehr und durch allmähliches Ausfüllen der Poren mit Bindemittel infolge Hochsteigens aus der Decke und auch infolge von Unterhaltungsmaßnahmen vermindern.

In erheblichem Umfange sind in Deutschland noch ältere bituminöse Decken vorhanden, bei deren Bau auf Gleitsicherheit noch nicht ausreichend geachtet wurde, oder die wohl zunächst rau waren, aber später ihre Grifförmigkeit mehr oder weniger verloren haben. Man muß daher durch geeignete Maßnahmen solche glatt gewordenen Beläge wieder aufrauen. Dafür eignen sich bei den üblichen Landstraßenbauweisen in erster Linie dünne Rauchsichten nach Art von Oberflächenbehandlungen, daneben auch Teppichbeläge. Über die zweckmäßige Gestaltung solcher Raubeläge, ihre Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit bestehen noch Meinungsverschiedenheiten. Die Lösung dieser Fragen durch Herstellung und Beobachtung von Probestrecken ist eingeleitet²⁾.

Auch Pflasterstrecken, besonders Kleinpflaster, können bei Feuchtigkeit infolge ihrer Glätte verkehrgefährlich sein. Man kann hier durch Herstellung eines Fugenschlusses Abhilfe schaffen, wenn diese Maßnahme so ausgeführt wird, daß die Fugenfüllung aus einem Bindemittel-Mineralgemisch die glatten Steinflächen um ein geringes Maß überragt und den Reifen einen Halt gegen das Gleiten bietet.

Im übrigen muß von den Straßenbenutzern auf den jeweiligen Zustand der Straßenoberfläche durch richtige Wahl der Fahrgeschwindigkeit Rücksicht genommen werden. Der Straßenbau kann aus wirtschaftlichen Gründen eine ausreichende gleichmäßige Rauheit bei jedem Wetter, besonders für bituminöse Beläge, nicht gewährleisten. Die bei feuchter Witterung größere Schlüpfrigkeit mancher Straßendecken muß den Verkehrstreibenden bekannt sein. Vorsichtiges Fahren muß in solchen Fällen von ihnen verlangt werden, besonders wenn die Bereifung stark abgenutzt ist. Diesem Gesichtspunkt sollten die Gerichte Rechnung tragen, wenn sie die Haftung der Träger der Straßenbaulast aus Verkehrsunfällen beurteilen, die auf übermäßige Glätte zurückgeführt werden.

18. Leiteinrichtungen.

Ausschließlich der Verkehrssicherheit dienen an den Straßen die Leiteinrichtungen. Sie befinden sich überwiegend neben, zum kleinen Teil auch auf oder am Rande der Fahrbahn. Sie sollen die gefahrlose Benutzung der Straßen und die leichte Einhaltung der Fahrtrichtung

¹⁾ Bautechn. 1937, Heft 48, S. 629, und Heft 50, S. 654.

²⁾ Straßenbautagung 1938, S. 109 bis 124. Großjohann, Rauegestaltung bituminöser Decken. Berlin 1938, Volk und Reich Verlag.

durch sichere Führung des Verkehrs in der Straßenrichtung erleichtern. Dieser Zweck wird fast ohne Ausnahme durch sichtbare Zeichen erreicht. Lediglich bei Anordnung erhöhter Randsteine kann man von einer mechanischen Führung der Fahrzeuge sprechen, obgleich hier die Berührung der Randsteine durch die Fahrzeuge bei schneller Fahrt gefährdend werden kann. Die Leiteinrichtungen müssen daher nicht nur bei Tageslicht, sondern auch in der Dunkelheit und möglichst auch bei Nebel vom Führersitz eines Kraftwagens aus bei schneller Fahrt gut und deutlich sichtbar sein. Die Erkennbarkeit muß durch rechtzeitige Säuberung und Erneuerung des Anstrichs dauernd erhalten werden.

Früher war in Bauanweisungen und polizeilichen Vorschriften die Aufstellung von Schutzeinrichtungen, wie Geländern, Brüstungsmauern, Schutzsteinen, eng gepflanzten Bäumen, dichten Hecken, vorgeschrieben. Sie sollten einen Schutz für die Verkehrstreibenden gegen alle möglichen Unfälle im Straßenverkehr bieten. Für den Verkehr von Fußgängern, bespannten Fuhrwerken und später auch von Radfahrern konnten sie diesen Zweck erfüllen. Schnell fahrenden Kraftfahrzeugen aber bieten alle diese Vorkehrungen keinen sicheren Schutz, zum Teil können sie sie sogar gefährden. Mit der vorwiegenden Bestimmung der Landstraßen für den Kraftverkehr mußte daher ein grundsätzlicher Wandel in der Zweckbestimmung dieser Einrichtungen eintreten, wie in der Änderung der Bezeichnung aus „Schutzanlagen“ in „Leiteinrichtungen“ zum Ausdruck kommt. An Stelle des Schutzes gegen Unfälle ist der Zweck nunmehr die Leitung des Verkehrs geworden, die jedem aufmerksamen Straßenbenutzer die Möglichkeit gibt, Gefahren infolge Abirrens von der Fahrbahn zu vermeiden. Aufmerksamkeit wird aber heute von jedem, der eine Landstraße benutzt, nicht nur von den Kraftfahrern verlangt.

Dieser gewandelten Auffassung entsprechend nehmen eigentliche Schutzanlagen in dem über die Leiteinrichtungen handelnden Abschnitt der Vorläufigen Richtlinien für den Ausbau der Landstraßen (RAL) nur einen kleinen Raum ein. Sie werden nur an Stellen aufgestellt, an denen von der Straße abkommende Menschen und Fahrzeuge besonders stark gefährdet sind. Am Ufer tieferer Wasserläufe, an der Oberkante steiler Hänge, Futtermauern und hoher, steiler Böschungen (als Richtlinie, nicht als Vorschrift ist eine Mindesthöhe von 5,5 m in der Geraden und in flachen Krümmungen, von 4,5 m in scharfen Krümmungen angegeben) werden in der Regel Geländer von 0,90 m Höhe oder Brüstungsmauern angeordnet, deren Höhe je nach der Mauerdicke geringer sein darf. An geeigneten Stellen können auch kräftige Hecken angelegt werden, die sich dem Landschaftsbilde gewöhnlich besonders gut anpassen. Eine neuartige Einrichtung, deren man sich in großem Umfange bei den Reichsautobahnen bedient, sind Führungsplanken aus kräftigen Holzbohlen, die an starken Eisenbetonpfosten befestigt sind und deren Oberkante nur 0,40 m über der Straßenhöhe liegt. Sie werden weiß gestrichen und dienen so der sicheren Führung. Daneben bilden sie einen recht wirksamen Schutz für abirrende Fahrzeuge, solange diese in einem einigermassen spitzen Winkel an ihnen vorbeigleiten.

Leiteinrichtungen auf der Fahrbahn werden nur zur Trennung der Fahrspuren auf Kuppen und in Krümmungen mit unzureichender Sicht angeordnet, wie oben bei der Behandlung dieser Gefahrstellen näher ausgeführt ist. Sie bestehen aus 15 cm breiten Farbstrichen, die sich von der Fahrbahn deutlich abheben müssen, bei Pflaster auch aus metallenen Spurnägeln oder aus Steinen anderer Färbung. Die Bezeichnung soll mindestens 50 m vor dem Beginn der Krümmung, 80 m vor dem Kuppenscheitel beginnen. Zur Kennzeichnung der Fahrbahnänderungen gegenüber höhengleichen, unmittelbar anschließenden und in der Farbe der Fahrbahnbefestigung ähnlichen Rad- oder Fußwegen oder leicht befestigten Bermen dienen dieselben Einrichtungen. Sie sind besonders geeignet, um bei Dunkelheit und sogar bei Nebel das Abkommen von der Fahrbahn zu verhindern und das Einhalten der rechten Fahrbahnseite zu erleichtern. Leiteinrichtungen dieser Art können auch auf den Reichsstraßen erst im Laufe längerer Zeit überall hergestellt werden; auf den übrigen Landstraßen werden sie zunächst nur bei Neu- und Umbauten, im übrigen nur an wenigen, besonders verkehrgefährlichen Stellen angelegt werden können.

In großem Umfange bereits vorhandene Leiteinrichtungen sind die zur Kennzeichnung der Straßenränder oder Kronenkanten aufgestellten Leitsteine oder Leitpflocke aus Holz sowie die Straßenbäume mit den an einem Teil von ihnen angebrachten weißen Baumspiegeln. Sie sollen mit etwa vorhandenen Schutzanlagen den Verlauf der Straße auf größere Entfernung anzeigen und den Fahrer auf Richtungsänderungen rechtzeitig hinweisen. Die früher am Straßenrande sehr dicht stehenden Steine hatten den Hauptzweck, Fahrzeuge vor dem Abkommen von der befestigten Fahrbahn oder vom Straßenkörper zu schützen. Sie wurden demgemäß als Abweis-, Prell- oder Schutzsteine bezeichnet. Diese Aufgabe können sie dem neuzeitlichen Verkehr gegenüber nicht mehr erfüllen; sie dienen heute der Verkehrssicherheit nur noch als Leiteinrichtung.

Grundsätzlich ist für die Art der Aufstellung dieser Einrichtungen nur der Gesichtspunkt der Sicherung des Verkehrs maßgebend. Dabei

soll ihre Zahl auf das zulässige Mindestmaß beschränkt bleiben und eine Störung des Landschaftsbildes möglichst vermieden werden. Wenn der Straßenrand durch andere Mittel, wie Bäume, Hecken, Zäune, Mauern, gekennzeichnet ist, sind weitere Maßnahmen nicht erforderlich. Leitsteine und Leitpflocke stehen in geraden Strecken in Abständen von 50 m, in Gegenden mit häufiger Nebelbildung von 25 m; in Krümmungen werden die Abstände je nach dem Halbmesser bis auf 10 m verkleinert. An der Innenseite von Krümmungen unter 300 m Halbmesser sind sie in der doppelten Entfernung zu setzen wie an der Außenseite. Auf Dämmen von mehr als 3 m Höhe ist ein Abstand von 10 m vorgeschrieben. Unübersichtliche Wegeeinmündungen und Kreuzungen werden durch zwei Leitsteine unmittelbar an der Einmündung bezeichnet.

Leitsteine sollen aus hellem Gestein hergestellt werden. Nur in Gegenden, in denen geeignetes Naturgestein nicht vorhanden ist, sondern aus großer Entfernung herangeschafft werden muß, können auch Betonsteine verwendet werden. An der Außenseite von Krümmungen mit geringerem Halbmesser als 500 m und an Wegeeinmündungen wird der Kopf in 20 cm Höhe weiß (sofern nicht der Stein an sich weiß ist), darunter ein Ring von 12 cm Breite schwarz gestrichen. Denselben Anstrich erhalten alle Leitpflocke ohne Ausnahme. Die Beibehaltung der als Kriegsmaßnahme eingeführten Bezeichnung aller Leitsteine mit dem schwarzen Ring zur Verbesserung der Sichtbarkeit bei Schneelage ist zu empfehlen.

Bäume, soweit sie nicht weiter als 1 m vom Straßenrande entfernt stehen, werden zur besseren Kennzeichnung der Straßenrichtung in der Dunkelheit mit weißen Farbflächen (Spiegeln) von 70 cm Höhe bei 30 cm Breite, beginnend 50 cm über der Straßenhöhe, versehen. Auch diese auf die Außenseite von Krümmungen mit Halbmessern von weniger als 500 m beschränkte Maßnahme ist für die Kriegszeit der Verdunkelung wegen auf alle Straßenbäume ausgedehnt; ihre Beibehaltung nach dem Kriege erscheint zweckmäßig. Schließlich werden noch zur Erhöhung der Verkehrssicherheit alle Einengungen des Verkehrsraums und alle nahe den Grenzen dieses Raumes befindlichen Verkehrshindernisse durch weiße Farbstriche kenntlich gemacht.

Die Bestimmungen der RAL über Leiteinrichtungen sind auf übliche, häufig wiederkehrende Regelfälle und die Sicherung gegen gewöhnliche Verkehrsgefährdungen abgestellt. In Sonderfällen, in denen über das gewöhnliche Maß hinausgehende Gefahrenquellen vorhanden sind, müssen zusätzliche Sicherungen angeordnet werden, um die Verkehrsteilnehmer auf die bestehende größere Gefahr hinreichend aufmerksam zu machen, auch wenn die üblichen allgemeinen Warnzeichen aufgestellt sind. Dabei ist aber ein strenger Maßstab anzulegen, damit solche besonderen Verkehrssicherungen auf das unbedingt notwendige Maß eingeschränkt bleiben; denn nur bei seltenem Vorkommen erfüllen sie ihren Zweck, die Aufmerksamkeit des Fahrers in besonderem Maße zu erwecken.

19. Beschilderung.

Ein Teil der Beschilderung der Straßen dient dem Zweck, auf Gefahren für den Verkehr hinzuweisen. Durch die Warnzeichen (weiße Dreieckstafeln mit rotem Rand und schwarzem Zeichen) wird der Straßenbenutzer rechtzeitig zur Vorsicht gemahnt an Straßenstellen, an denen der Verkehr durch den Zustand oder die Lageverhältnisse der Straße besonders gefährdet ist. Die Verkehrsverbotzeichen für Fahrzeuge über eine bestimmte Breite oder Höhe (runde weiße Tafeln mit rotem Rand; zwischen zwei schwarzen Keilspitzen das höchstzulässige Breiten- oder Höhenmaß) bilden gleichzeitig eine Sicherung gegen Beschädigungen für breitere oder höhere Fahrzeuge. Als Ergänzung der Warnzeichen für Eisenbahnübergänge in Schienenhöhe dienen in bestimmten Abständen aufgestellte Baken mit schrägen Streifen aus rotem rückstrahlendem Glas. Vorläufig ist diese zusätzliche Sicherung auf Reichsstraßen beschränkt. Das Vorsichtszeichen (blaue quadratische Tafel mit weißem Dreieck) soll auf Gefahren hinweisen, die durch den Straßenverkehr für Dritte entstehen können, z. B. an Ausgängen von Schulen.

Die vorfahrtregelnden Zeichen dienen der Sicherung des Verkehrs auf den Hauptstraßen. Auf der freien Strecke werden sie in der Regel durch die Reichsstraßen-Nummertafeln ersetzt, deren Größe neuerdings zur besseren Sichtbarmachung von 180 × 280 mm auf 300 × 400 mm erhöht worden ist. In Ortslagen verwendet man daneben das Zeichen „Straße für Fernverkehr“ (runde gelbe Tafel mit schwarzer Bezeichnung) oder das Zeichen „Hauptverkehrsstraße“ (über Eck gestelltes weißes Quadrat mit rotem Rand). Auf den einmündenden Straßen weisen auf der Spitze stehende weiße Dreieckstafeln mit rotem Rand den Fahrer rechtzeitig darauf hin, daß er sich einer Hauptstraße nähert und sein Verhalten entsprechend einrichten muß. Eine sehr einschneidende Maßnahme, die notwendige Folge zahlreicher, durch mangelhafte Aufmerksamkeit und Leichtsinns verursachter schwerer Unfälle an Straßenkreuzungen, ist die Einrichtung von Haltstellen an unübersichtlichen Einmündungen und Kreuzungen verkehrreicher Straßen mit Hauptverkehrsstraßen, auf die oben bei Behandlung der Sicht an Kreuzungen schon hingewiesen ist. Die so erzielte nahezu völlige Sicherheit wird mit großen Nachteilen für die flüssige Abwicklung des Verkehrs erkauft. Im städtischen Straßennetz

wird in der Regel eine selbsttätige Verkehrsregelung der Einrichtung von Haltstraßen vorzuziehen sein.

Nach der Straßenverkehrsordnung, die die Regelung der Straßenbeschilderung mit Ausnahme der Wegweiser und Ortstafeln der Verkehrspolizeibehörden überträgt und lediglich die technische Durchführung der Aufstellung und die Unterhaltung den Trägern der Straßenbaulast überläßt, soll die Unterkante der Schilder aller Art mindestens 1,50 m, höchstens 2,0 m über dem Boden liegen. In der Ortslage ist es meist mit Rücksicht auf die Enge der Straßen und den regen Verkehr von Fußgängern und Radfahrern nicht zulässig, diese Höhenlage zu verringern. Die Sichtbarkeit ist aber hier in der Regel durch die allgemeine Straßenbeleuchtung, ausnahmsweise durch eine Sonderbeleuchtung, auch in dieser Höhe ausreichend. Auf den freien Strecken der Landstraßen dagegen ist es bei Dunkelheit schwieriger, hoch liegende Zeichen zu sehen. Hier hat nun unter der Einwirkung der kriegsmäßigen Verdunkelung der Fahrzeugbeleuchtung eine Entwicklung eingesetzt, die auch für die Friedensverhältnisse fortgeführt zu werden verdient. Auf stark befahrenen Straßen in gewissen Gebieten ist nämlich angeordnet, daß die Verkehrszeichen tiefer gesetzt werden, und zwar so, daß die Unterkante nur 1 m über dem Boden liegt. Dadurch wird die Erkennbarkeit auch bei Durchführung

der Verdunkelung sichergestellt. Bedenkenlos ist diese Maßnahme, wenn die Tafeln auf Grünstreifen neben die Fahrbahn gesetzt werden können. Schwierigkeiten entstehen dort, wo sie in andere Verkehrsstreifen hineinragen und dann eine Gefährdung für Fußgänger und Radfahrer bilden können. Beim Bau neuer wie beim Umbau vorhandener Straßen sollte jedenfalls bei Ausbildung des Querschnitts auf die Unterbringung der Verkehrszeichen auf einem besonderen, für diesen Zweck bestimmten Streifen Rücksicht genommen werden.

20. Schlußwort.

Alle noch so weit gehenden Maßnahmen des Straßenbaues zur Beseitigung von Verkehrsgefährdungen können die Zahl der Straßenunfälle, die ihre Ursache in der Straße selbst finden, wohl einschränken und die Auswirkungen abschwächen, sie aber nicht auf Null herabdrücken. Wenn man diesem Ziele nahekommen will, muß jeder Straßenbenutzer die Grundregel für das Verhalten im Straßenverkehr: „Jeder Teilnehmer am öffentlichen Straßenverkehr hat sich so zu verhalten, daß der Verkehr nicht gefährdet werden kann“, so anwenden, daß er dabei seine Aufmerksamkeit auch auf den Zustand der Straße richtet und diesem Zustande bei seinem Verhalten im Verkehr Rechnung trägt.

Alle Rechte vorbehalten.

Brücken aus einbetonierten Stahlträgern.

Vorschläge gegen die übliche bauliche Durchbildung und die vorgeschriebene Berechnung. Begrenzung der Anwendung bei Stahlknappheit.
Von Dr.-Ing. Fritz Leonhardt.

Einbetonierte Stahlträger (I-Walzträger oder geschweißte I-Träger) für Brückenplatten bis zu 20 m Stützweite sind in vielen Kreisen wegen ihrer vermeintlichen Einfachheit beliebt (Abb. 1). Nach den Vorschriften DIN 1075, § 9, 1, sind sie so zu berechnen, als ob die Stahlträger allein trügen und der Beton nur tote Last wäre, wobei die Fahrzeuge bei Straßenbrücken auf eine Breite von 2,50 m, bei Eisenbahnbrücken auf 3,50 m gleichmäßig verteilt werden dürfen. Wegen der Lastverteilung muß in der Querrichtung eine kräftige Rundisenbewehrung eingelegt werden, über deren Bemessung in der Vorschrift nichts gesagt ist. Als Folge sind in vielen Fällen wegen zu schwacher Querbewehrung Längsrisse im Beton zwischen den Stahlträgern entstanden.

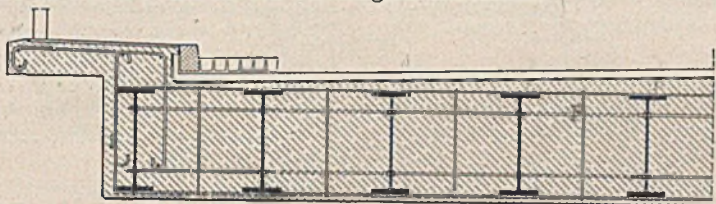


Abb. 1.

Die vorgeschriebene Berechnungsart entspricht nicht dem tatsächlichen Verhalten der Bauweise, weil der des Rostschutzes wegen gut hergestellte Beton mit den Stahlträgern eine innige Verbindung eingeht und sehr wirksam beim Tragen der Lasten mithilft. Das Maß der Mitwirkung des Betons geht z. B. daraus hervor, daß bei Eisenbahnbrücken mit 10,80 m Stützweite die gemessenen Durchbiegungen unter schweren Lokomotivlasten nur $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{10}$ der nach Vorschrift berechneten Durchbiegungen betragen¹⁾. Trotz dieser Tatsache sind häufig die Stahlträger nach der Durchbiegungsgrenze von $\frac{1}{600} l$ (DIN 1073, § 20) bemessen worden, so daß die zulässigen Spannungen selbst nach der ungünstigen Berechnungsart nicht ausgenutzt waren. Das Verhältnis zwischen gerechneter und gemessener Durchbiegung zeigt an, wie stark das Trägheitsmoment der Brückenplatte durch die Mitwirkung des Betons erhöht wird und wie niedrig infolgedessen die Spannungen in den Stahlträgern bleiben. Bei der Eisenbahnbrücke, an der die Messungen durchgeführt wurden, ist anzunehmen, daß der Beton, der ja bei gerüstlosem Bau Spannungen nicht aus Eigengewicht, sondern nur aus Verkehrslasten erhält, noch nirgends gerissen war; aber selbst unter Ausschluß der Zugfestigkeit des Betons (Zustand II) werden die nach Vorschrift berechneten Stahlträger wegen der Mitwirkung des Betons im Druckgurt nicht ausgenutzt. Der Stahlverbrauch der seither gebauten Verbundbrücken ist dementsprechend im Vergleich zu anderen Bauweisen sehr groß. Reine Eisenbetonbrücken verbrauchen nur 35 %, Stahlbrücken mit Eisenbetonfahrplanplatten nur 64 % des Stahls, der für die seitherigen Verbundbauweisen benötigt wird. Eine so unnötig stahlverbrauchende Bauweise hat aber bei dem großen Stahlbedarf Deutschlands keine Berechtigung mehr. So wurde z. B. bei den Reichsautobahnen, bei denen in einzelnen Bezirken anfänglich viele solche Brücken gebaut wurden, ihre Anwendung schon vor Jahren bis auf wenige Ausnahmefälle eingestellt.

Für die Brücken aus einbetonierten Stahlträgern werden gegenüber anderen Bauweisen folgende Vorteile angeführt:

1. Herstellung ohne Lehrgerüst,
2. einfache statische Berechnung,
3. einfache Herstellung,
4. Wegfall rostschützender Anstriche,
5. niedrige Bauhöhe.

Der gerüstlose Einbau der Brückenplatte verkürzt die Bauzeit, spart Gerüstholz und ist vor allem für die Überbrückung von im Betrieb befindlichen Gleisen günstig.

Die statische Berechnung ist durch die Annahmen der Vorschrift sehr bequem gemacht. Darüber hinaus gibt es ministeriell anerkannte Tafeln für Straßen- und Eisenbahnbrücken, die für jede Spannweite Anzahl und Höhe der auf eine bestimmte Brückenbreite benötigten genormten Walzträger angeben, wodurch sogar die einfache Berechnung entfällt. Für die bauliche Durchbildung werden weder besondere Kenntnisse des Eisenbetonbaues noch des Stahlbaues benötigt. Der Entwurf einer solchen Brücke erfordert also keine nennenswerte geistige Anstrengung, was die Beliebtheit der Bauart unterstützt.

Die einfache Herstellung beruht auf dem Wegfall des Lehrgerüsts und auf der weitmaschigen Bewehrung. Beim Schalen und Betonieren muß jedoch die gleiche Sorgfalt walten wie bei einer Eisenbetonbrücke, weil minderwertiger Beton in der Zugzone reißt und keinen genügenden Rostschutz bietet. Die Ansicht, daß man für Verbundbrücken minderwertige Zuschlagstoffe verwenden oder Bauunternehmer ohne Erfahrungen im Betonbau einsetzen kann, ist deshalb bedenklich.

Der Rostschutz und der Schutz gegen Rauchgase ist bei gewöhnlichen Eisenbetonplatten meist besser vorhanden als bei einbetonierten Stahlträgern, bei denen die Betonüberdeckung der breiten unteren Flansche weniger rissfrei bleibt als bei Rundisenbewehrung.

Die niedrige Bauhöhe der Verbundbrücken läßt sich mit anderen Bauweisen in gleichem Maße erzielen.

Der einzige Vorteil ist also der gerüstlose Einbau, der aber mit wesentlich geringerem Stahlverbrauch durchgeführt werden kann, wenn die Bauweise und insbesondere die Berechnung verbessert werden, wie dies in den Nachbarländern, u. a. auch im ehemaligen Österreich, schon vor Jahren geschehen ist. Den geringsten Stahlverbrauch weist die Eisenbetonplatte mit oder ohne Hohlkörper oder die Plattenbalkenbrücke auf, so daß mit Rücksicht auf den Stahlverbrauch das Lehrgerüst nur dann wegbleiben sollte, wenn es der Verkehr wirklich erfordert. Häufig kann die lichte Durchfahrthöhe während der Bauzeit so weit eingeschränkt werden, daß der Verkehrsweg mit Stahlträgern überbrückt werden kann, die die Schalung tragen und wiedergewonnen werden.

Zum gerüstlosen Bau der Brücke müssen die Stahlträger grundsätzlich beibehalten werden. Stahlsparnisse lassen sich durch folgende Maßnahmen erzielen:

1. Herabsetzen des Eigengewichts,
2. schwächere Bemessung des Druckgurtes bei geschweißten Trägern,
3. Ergänzung des Zuggurtes mit schlaffer Rundisenbewehrung,
4. Berücksichtigung der Verbundwirkung zwischen dem Beton und den Stahlträgern,
5. richtige Ermittlung der Lastverteilung²⁾.

¹⁾ Der P-Träger, 1933, S. 53. Verlag P-Träger-Beratungsstelle, Peine. Ähnliche Verhältnisse sind auch in anderen Veröffentlichungen berichtet.

²⁾ Die sich durch vorgespannte Stahleinlagen ergebenden Möglichkeiten sind noch nicht berücksichtigt.

Das Gewicht der Brückenplatte kann durch Hohlräume zwischen den Stahlträgern vermindert werden (Abb. 2), die durch Einlegen von dünnwandigen Beton- oder Asbestzementrohren oder durch Hohlkörper aus Zementmörtelputz auf Drahtgewebe hergestellt werden; auch dünnwandige, ausgesteifte Blechkasten oder verlorene Holzschalung sind geeignet. Mit solchen Hohlräumen wird nicht sehr viel erreicht, die Hohlkörper verursachen ziemliche Kosten und behindern das Betonieren. Wirksamer ist es, den in der Zugzone wertlosen Beton zwischen den Trägerflanschen überhaupt wegzulassen. Das Eigengewicht der Platte (ohne Fahrbahnbelag) kann auf diese Weise bis über die Hälfte verkleinert werden. Eine für Holzschalung geeignete Form der Aussparung zeigt Abb. 3. Zwischen den Trägern, die wegen des verminderten Eigengewichts in größerem Abstand liegen als bei Abb. 1, verbleibt eine mindestens 20 cm dicke Platte, die oben und unten durchgehend bewehrt werden muß. Die kräftigen Betonumhüllungen der Hauptträger sind dank der Querträger so verdrehungssteif, daß die Platte beiderseitig eingespannt berechnet werden kann, wobei die Spannweite gleich dem Lichtmaß zwischen dem Hauptträgerbeton gesetzt wird. Das für volle Einspannung errechnete positive Moment wird dabei zweckmäßig um die Hälfte erhöht.

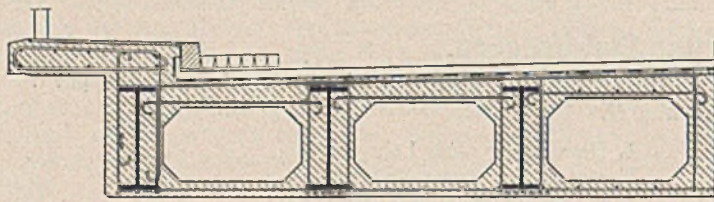


Abb. 2.

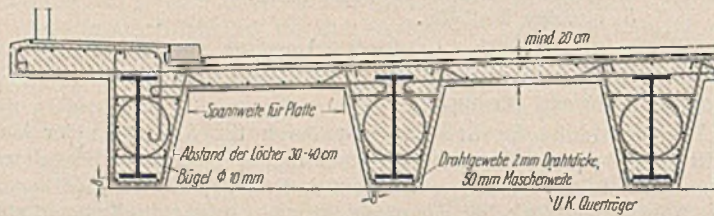


Abb. 3.

Werden die unteren Trägerflansche zum Schutz gegen Rauchgase einbetoniert, so können Bügel um den Hauptträger herumgelegt werden, an denen ein Drahtgewebe zur zusätzlichen Sicherung der Betonumhüllung befestigt wird. Die Dicke des Betons am Zugflansch sollte mindestens 6 bis 8 cm betragen, damit Beton üblicher Körnung eingerüttelt werden kann. Zur Sicherung der Haftung des Betons an den Trägerstegen werden Haarnadelbügel durch den Steg durchgesteckt, die an Längseisen entlang den lotrechten Bügeln festgebunden werden; sie verhüten auch zusammen mit dem Beton das Ausbeulen der Trägerstege.

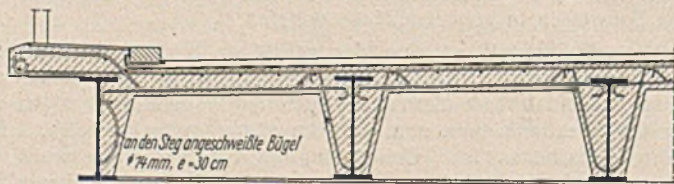


Abb. 4.

Freie Untergurte (Abb. 4) werden bevorzugt, weil sie leicht überwacht und durch Anstriche gegen Rost gesichert werden können. Außerdem wird das Gewicht des Betons weiter verkleinert. Die lotrechten Bügel werden durch Löcher im Steg des Trägers gesteckt. Die Schalung wird besonders einfach, wenn der Beton am Unterflansch noch etwas zurückgesetzt wird, so daß dort die Schalkasten aufgelagert werden können, die unten durchlaufenden Kanthölzer fallen dann weg (Abb. 5 u. 6).

Im Eisenbetonbau wird heute angestrebt, oftmals verwendbare Schaltafeln aus Holz oder Stahlblechen zu verwenden, damit nicht bei jedem Bauwerk viele Quadratmeter Schalbretter und Kanthölzer verschnitten werden müssen. Für solche Schaltafeln bietet sich bei einbetonierten Stahlträgern eine besonders günstige Gelegenheit, wenn die in Abb. 7 oder 8 dargestellte Form gewählt wird. Als Schalung dient ein dünnes, zunächst ebenes Blech in Federstahlgüte, das über Querscheiben aus Holz oder gebogene Stahlträger mit unten eingehakten Spannschlössern

in die gewölbte Schalenform gebracht wird. Der abgewinkelte Rand wird mit Schrauben, die an gelochten Blechecken anfassen, gegen alle Verschiebungen gehalten oder auf die Holzschalung festgenagelt (Abb. 9 u. 10). Die Spannschlösser können nach dem Einlegen der Schale entfernt und

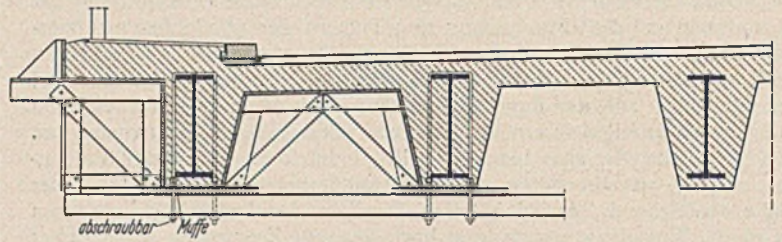


Abb. 5.

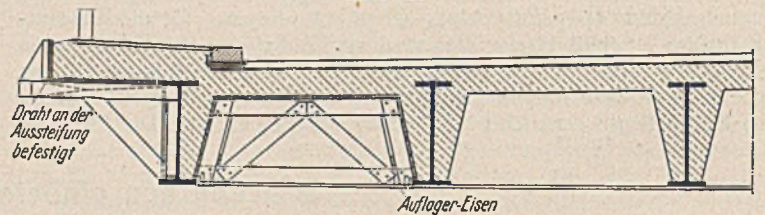


Abb. 6.

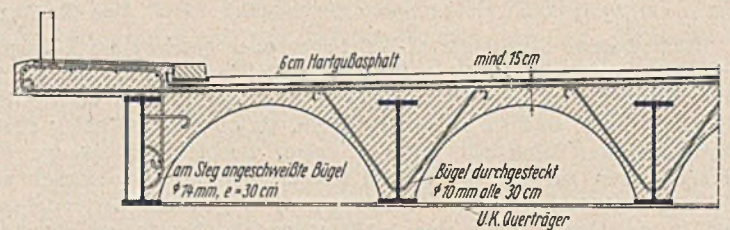


Abb. 7.

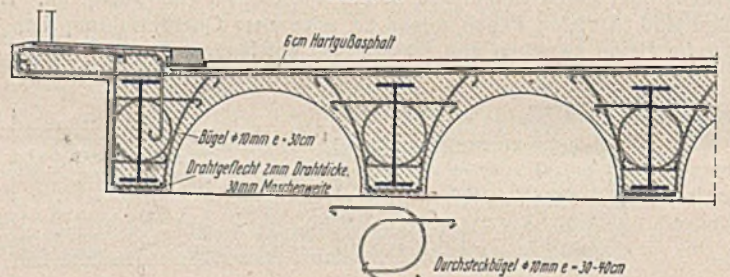


Abb. 8.

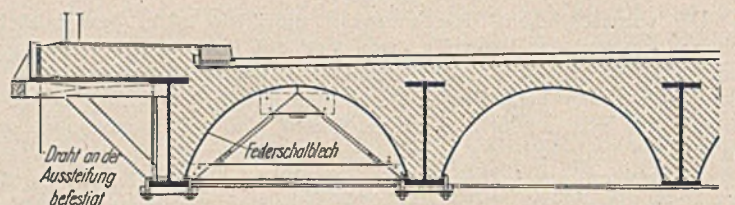


Abb. 9.

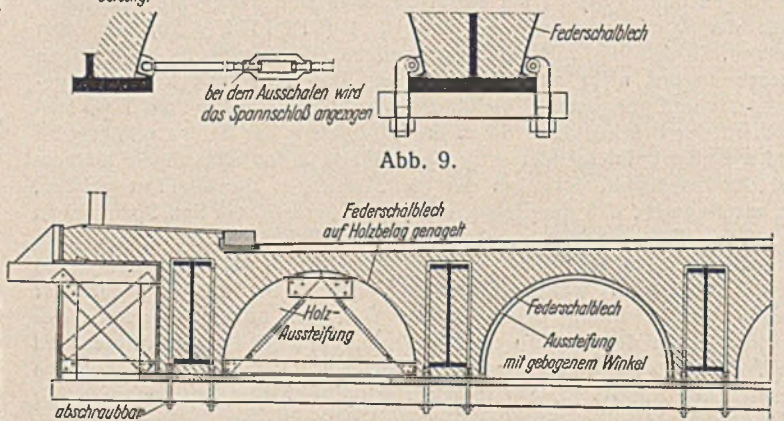


Abb. 10.

für die nächsten Schalen benutzt werden. Außer den leichten Querscheiben, die wegen der Steifigkeit der gewölbten Schale in großem Abstand (80 bis 120 cm) verlegt werden, wird nur für die Brückenabschlüsse und Gesimse Holz benötigt. Beim Ausschalen werden zuerst die Aussteifungen beseitigt, dann die Spannschlösser eingehakt und angezogen, wobei sich die geölten Schalen vom Beton ablösen. Solche Schälbleche haben den Vorzug, daß sie für verschiedene Trägerabstände und Bauhöhen (Abb. 11) immer wieder verwendet werden können und bei der

Beförderung oder auf Lager als ebene Bleche wenig Raum einnehmen. Mit wenigen Blechbreiten kann allen vorkommenden Fällen genügt werden. Die Bleche können auch für die Schalung ebener Flächen benutzt werden, wenn sie durch Holz- oder Stahlroste entsprechend ausgestellt und an der Abkantung verschraubt werden. Diese Angaben mögen als Anregung für die Weiterentwicklung der oftmals verwendbaren Stahlschalung dienen.

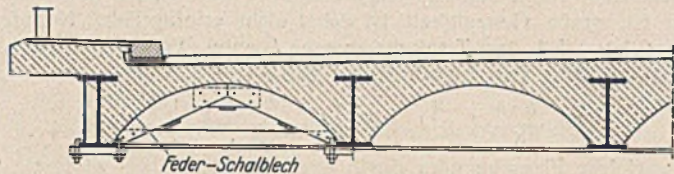


Abb. 11.

Das Betongewicht der Ausführung mit gewölbten Unterflächen ändert sich gegenüber dem der Abb. 3 oder 4 kaum, weil die Gewölbedicke im Scheitel mit 15 cm ausreicht, dort also der Mehrverbrauch an Beton in den Ecken eingespart wird. Die Gewölbe haben den weiteren Vorzug, daß eine oben durchgehende Bewehrung bei hohem Stich genügt, wenn die Untergurte durch Querträger an waagerechten Verschiebungen oder Verdrehungen behindert werden.

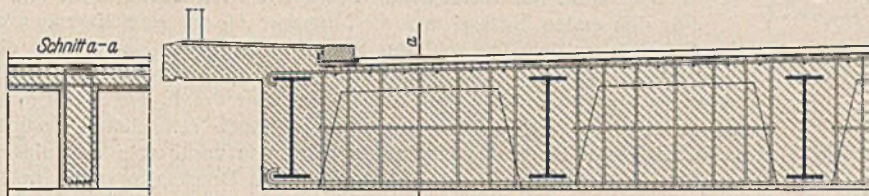


Abb. 12.

Bei Eisenbahnbrücken ist es zweckmäßig, die Dicke der Platte oder der Gewölbescheitel zwischen den Stahlträgern mindestens 25 oder 20 cm zu wählen. Bei mehrfeldrigen durchlaufenden Überbauten ist im Bereich der Zwischenstützen eine Verstärkung der unteren Betonummantelung des Stahlträgers oder sogar eine unten durchgehende Platte angezeigt, wenn — wie später empfohlen — das Tragwerk als Verbundkörper berechnet wird.

Die zur Sicherung gegen Längsrisse unter hohen Einzellasten vorgeschriebene, auf die ganze Länge verteilte untere Querbewehrung der alten Verbundplatten ist bei den beschriebenen Bauweisen nicht möglich. An ihre Stelle treten einzelne Querrippen, die den Zusammenhalt der Hauptträger und die Verteilung von Einzellasten auf die verschiedenen Hauptträger sichern. Im allgemeinen genügt eine Querrippe in Öffnungsmitte, bei größeren Spannweiten (> 12 m) und Verwendung der gewölbten Schalbleche sind zwei Querträger in den Drittelpunkten angezeigt. Der Einbau weiterer Querträger würde das Verhalten der Brücke nicht verbessern, die Schalung aber erschweren³⁾.

Soweit die Unterflansche der Hauptträger einbetoniert sind, kann der Querträger ganz aus Eisenbeton hergestellt werden (Abb. 12). Die untere und obere Hauptbewehrung wird unter und über den Trägerflanschen durchgeführt und mit engen kräftigen Bügeln verbunden. Sind die unteren Flansche frei, dann wird zweckmäßig ein Breitflachstahl als Querträgeruntergurt unter den Hauptträgerflanschen durchgeführt und mit durch einen Stegansatz durchgesteckten Bügeln im Druckgurt verankert. Die oberen Zugspannungen des Querträgers, die bei Randbelastungen entstehen, können mit Rundseilen aufgenommen werden (Abb. 13). Bei dieser Bauweise wird an der Baustelle weder Niet- noch Schweißgerät benötigt.

Wenn man die beschriebenen Bauweisen betrachtet, liegt es nahe, noch einen Schritt weiterzugehen und die Einhüllung der Trägerstege mit Beton wegzulassen, um zu dem sehr einfachen und wirtschaftlichen Stahlträgerrost mit aufbetonierter Eisenbetonplatte zu kommen (Abb. 14). Die Unterhaltung der glattflächigen Stahlträger ist nicht kostspielig, so daß man im Einbetonieren der Stahlträger eigentlich keinen allzu großen Vorteil sehen kann. Rechnet man die Stahlträger für sich als Hauptträger und betrachtet die Eisenbetonplatte als Auflast, so ist die Stahlersparnis wegen der Plattenbewehrung gegenüber den beschriebenen Verbundbauweisen nur gering. Gelingt es jedoch, die Verbundwirkung zwischen der Platte und den Stahlträgern trotz der kleinen Berührungsfläche auch für oftmals wiederholte Lasten zu sichern, dann sind weitere Ersparnisse möglich. Versuche über diese Verbundwirkung sind im Gange, doch soll hierüber besonders berichtet werden.

Eine weitere Stahlersparnis bei einbetonierten Trägern kann dadurch erzielt werden, daß der Druckgurt schwächer bemessen wird als der Zuggurt, weil ja der obere Druckflansch durch den Beton ganz erheblich

unterstützt und entlastet wird. Sind die Träger geschweißt, so kann die obere Gurtplatte schwächer gewählt werden als die untere. Sie werden so bemessen, daß sie die unter der frischen Betonlast (bis Unterkante Dichtung) entstehenden Kräfte unter Ausnutzung der zulässigen Spannungen aufnehmen, wobei durch leichte Strebenverbindungen zwischen den Obergurten deren Knicksicherheit erhöht werden kann.

Nach dem Betonieren übernimmt der Beton durch die Verbundwirkung beinahe alle weiteren Druckkräfte; die zusätzlichen Beanspruchungen der nahe an der Nulllinie liegenden Stahlflansche sind ungefährlich, auch wenn die zulässigen Spannungen überschritten werden, weil sie nicht ausknicken können.

Aber auch bei Walzträgern sind Stahlersparnisse an den Druckgurten möglich, insbesondere, wenn keine Breitflanschträger, sondern gewöhnliche I-Träger verwendet werden. Diese Träger werden zweckmäßig aus St 52 gewählt und so bemessen, daß sie das Eigengewicht der Schalung und des Betons bis Unterkante Dichtung bei Spannungen im Zuggurt von 1200 bis 1400 kg/cm² tragen. Für die weiteren Lasten sind unter und — soweit notwendig — neben den unteren Flanschen noch Rundseile zur Verstärkung des Zuggurtes eingelegt (Abb. 15), die erst durch das restliche Eigengewicht und durch die Verkehrslasten beansprucht werden und wegen der Rißgefahr des Betons nur bis 1000 oder 1200 kg/cm² ausgenutzt werden können. Gleichzeitig wachsen dann die Spannungen

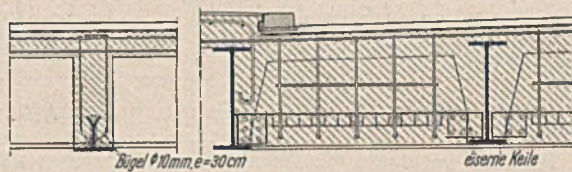


Abb. 13.

im Zuggurt des Walzträgers entsprechend der höheren Lage um 800 bis 1000 kg/cm² an, so daß der St 52 im Zuggurt ausgenutzt wird, ohne daß Dehnungen entstehen, die der Beton nicht ohne schädliche Rißbreiten ertragen würde.

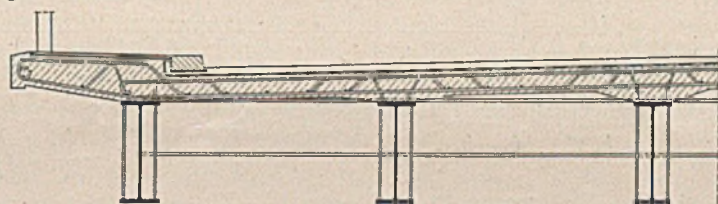


Abb. 14.

Bei den beschriebenen Bauweisen sind die Möglichkeiten, die sich aus der Anwendung vorgespannter, hochfester Drähte ergeben, noch nicht berücksichtigt, obwohl die Stahlträger, die erhebliche Druckkräfte aufnehmen können, zum Spannen solcher Drähte geradezu einladen.

Neben der leichteren baulichen Durchbildung ist eine dem tatsächlichen Verhalten der Bauwerke angepaßte Berechnung unbedingt notwendig. Die bestehende Berechnungsvorschrift entspricht so wenig der Wirklichkeit und bedingt einen so hohen Stahlverbrauch, daß sie abgeändert werden muß. Wenn auch die Bauweisen mit leichterem Eigengewicht nicht mehr das übermäßige Mißverhältnis zwischen tatsächlicher

und errechneter Durchbiegung, das eingangs angeführt wurde, aufweisen würden, so darf doch die Mitwirkung des Betons nicht vernachlässigt werden.

Der Beton ist zum sicheren Schutz der Stahlträger und der Bewehrungsseile in der für den Eisenbeton üblichen Güte herzustellen, hat also gute Festigkeitseigenschaften in bezug auf Druck, Schub und Haftung, die bis zu den im Eisenbetonbau zugelassenen Grenzen ausgenutzt werden können.

Der Sicherheit wegen wird die Zugfestigkeit des Betons vernachlässigt und der Querschnitt wie im Eisenbeton nach Zustand II b berechnet, als ob der Beton nur im Druckgurt mitwirke.

Die Verbundwirkung beruht auf der Haftung des Betons am Stahl. Bei den einbetonierten Stahlträgern treten dabei verhältnismäßig geringe Haftspannungen auf, weil der Verbundquerschnitt nur aus dem nach dem Erhärten des Betons aufgebrachtten Eigengewicht (Dichtung und Belag) und aus den Verkehrslasten Spannungen erfährt. Bei allen Straßenbrücken und den meisten Eisenbahnbrücken bleiben die Haftspannungen

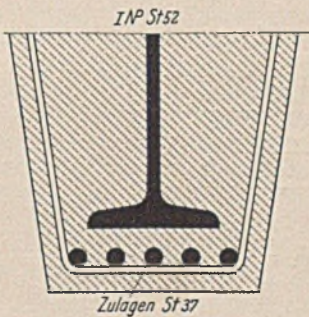


Abb. 15.

³⁾ Leonhardt, Die vereinfachte Berechnung zweiseitig gelagerter Trägerroste, S. 55. Berlin 1939, Wilh. Ernst & Sohn.

so niedrig, daß auch unter oftmals wiederholten Lasten gegenseitige Verschiebungen zwischen Beton und Stahl nicht zu befürchten sind.

Bei gerüstlos einbetonierten Stahlträgern kriecht der Beton nicht, weil im Dauerzustand der Eigengewichtslasten fast keine Betondruckspannungen vorhanden sind. Das Schwinden gefährdet erfahrungsgemäß die Zusammenwirkung von Eisen und Beton nicht, so daß der Bestand der beschriebenen Bauweisen dauernd gesichert erscheint.

In die Berechnung nach den Regeln des Eisenbetons ist der Wert n als Verhältnis der Elastizitätswerte E_{St} des Stahles und E_B des Betons einzuführen. Die Berechnung beginnt mit der Ermittlung der Nulllinie des gewählten Querschnitts. Nach der allgemeinen Biegelehre muß die Nulllinie auch Schwerlinie der wirksamen Querschnittsflächen sein, die aus der gedrückten Betonfläche und den n -fachen Stahlquerschnitten besteht. Nimmt man die Lage der Schwerlinie an, so ergibt sich für ihren Abstand von einer Bezugslinie eine Gleichung aus der Bedingung, daß die Summe der statischen Momente der wirksamen Querschnittsflächen um die Schwerlinie gleich Null sein muß.

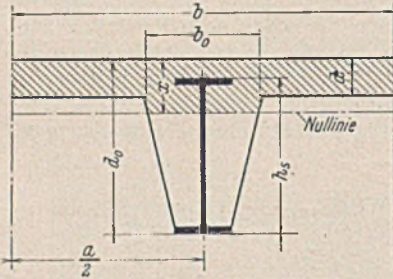


Abb. 16.

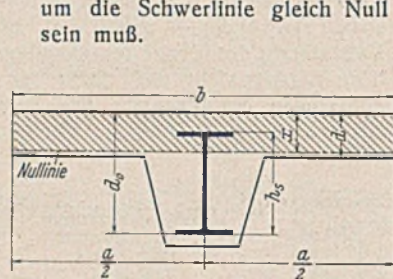


Abb. 17.

Für die gezeigten Querschnittsformen errechnet sich die Lage der Nulllinie mit den Bezeichnungen der Abb. 16, wenn die Flansche der Stahlträger gleich sind, aus der Bedingung

$$\Sigma F a = 0 = \frac{b_0 x^2}{2} + (b - b_0) d \left(x - \frac{d}{2} \right) - n F e \left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x \right) = 0$$

(1) zu $x = - \frac{(b - b_0) d + n F e}{b_0}$

$$+ \sqrt{\left[\frac{(b - b_0) d + n F e}{b_0} \right]^2 + \frac{(b - b_0) d^2 + n F e (2 d_0 - h_s)}{b_0}}$$

Das Trägheitsmoment um diese Nulllinie wird:

$$(2) J = \frac{b_0 x^3}{3} + \frac{b - b_0}{3} [x^3 - (x - d)^3] + n \left[J_s + F e \left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x \right)^2 \right]$$

wobei $F e$ = Stahlquerschnitt des Trägers

J_s = Trägheitsmoment des Stahlträgers um die Mittelachse.

Etwas einfacher werden die Formeln, wenn $x \approx d$ ist (Abb. 17) oder wenn die Nulllinie so nahe an den unteren Plattenrand rückt, daß die Fläche $b_0(x - d)$ vernachlässigt werden kann. Es ist dann

$$\Sigma F a = \frac{b x^2}{2} - n F e \left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x \right) = 0,$$

daraus wird

$$x = - \frac{n F e}{b} + \sqrt{\left(\frac{n F e}{b} \right)^2 + \frac{n F e (2 d_0 - h_s)}{b}}$$

oder

$$(3) x = \frac{n F e}{b} \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{(2 d_0 - h_s) b}{n F e}} \right]$$

und

$$(4) J = \frac{b x^3}{3} + n \left[J_s + F e \left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x \right)^2 \right].$$

Bei der gewölbten Schalung lassen sich auch mit der vereinfachenden Annahme der Kreisform keine brauchbaren Ausdrücke für x und J ableiten. Zweckmäßig ermittelt man zunächst x' genähert nach Gl. (3), als ob eine volle Druckplatte vorhanden wäre, und zeichnet die gedachte Nulllinie ein, um abzuschätzen, wie viel die tatsächliche Nulllinie durch das Fehlen des Kreisabschnitts von A bis B (Abb. 18) höher liegt. Mit dem geschätzten x wird das statische Moment der wirksamen Flächen angeschrieben

$$(5) \frac{b x'^2}{2} - n F e \left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x' \right) - F s = 0,$$

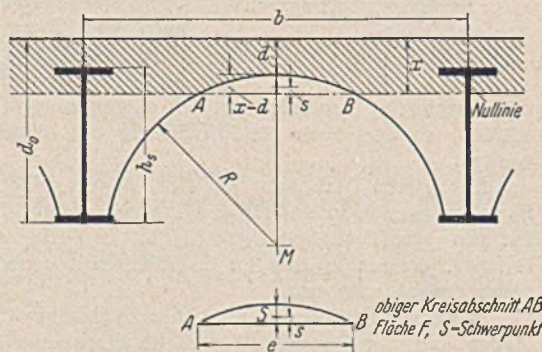


Abb. 18.

wobei folgende Werte für den Kreisabschnitt gelten:

$$\text{Fläche } F \approx \frac{2}{3} \cdot e (x - d) \quad e = 2 \sqrt{(x - d)(2R - x + d)}$$

$$s = -R + x - d + \frac{e^3}{12F} \approx \frac{2}{5} (x - d).$$

Die Schätzung von x kann so lange berichtigt werden, bis die Gleichung erfüllt ist, große Genauigkeit ist dabei nicht erforderlich. Nachdem x bekannt ist, wird das Trägheitsmoment J unter Vernachlässigung des Trägheitsmoments des Kreisabschnitts um seine Schwerachse

$$(6) J = \frac{b x^3}{3} + n \left[J_s + F e \left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x \right)^2 \right] - F s^2.$$

Sind ungleiche Flansche oder durch Rundisen verstärkte Zuggurte vorhanden, so ist die Schwerpunktlage des Eisenquerschnitts zu ermitteln und an Stelle von $\left(d_0 - \frac{h_s}{2} - x \right)$ ihr Abstand von der Nulllinie einzusetzen.

Mit den so ermittelten Trägheitsmomenten können die Spannungen im Stahl und Beton errechnet werden. Dabei müssen zwei Zustände unterschieden werden:

I. Der Beton ist noch nicht hart, die Stahlträger tragen allein.

II. Der Beton hat ausreichende Festigkeit erreicht und wirkt mit.

Für den ersten Zustand sind die Momente M_I aus dem Eigengewicht der Stahlträger, dem Gewicht der Schalung und Bewehrung und dem Gewicht des Betons für die Spannweiten und Lagerbedingungen der Stahlträger zu ermitteln. Nach dem Ausschalen wird das Eigengewicht g_I um das Gewicht der Schalung verkleinert, was jedoch vernachlässigt werden kann. Einfacher ist es, das Schalungsgewicht von vornherein wegzulassen.

Das Moment M_I erzeugt gleiche Zug- und Druckspannungen in den Stahlträgern (gleiche Flansche vorausgesetzt) von

$$\sigma_I = \frac{M_I h_s}{2 J_s}.$$

Im Beton sind — vom Schwinden abgesehen — keine Spannungen vorhanden.

Im Zustand II treten weitere Momente M_{II} auf, die sich aus dem Eigengewicht der Dichtung und des Belages und aus den Verkehrslasten ergeben.

Die Betondruckspannungen werden

$$\sigma_B = \frac{M_{II} x}{J},$$

die weiteren Druckspannungen im Stahlträger:

$$\sigma'_{II} = \frac{M_{II} n (x - d_0 + h_s)}{J} = n \sigma_B \cdot \frac{x - d_0 + h_s}{x},$$

die weiteren Zugspannungen im Stahlträger:

$$\sigma_{II} = \frac{M_{II} n (d_0 - x)}{J}.$$

Die gesamten Spannungen im Stahlträger sind demnach

im Druckgurt $\sigma_D = \sigma_I + \sigma'_{II}$,

im Zuggurt $\sigma_Z = \sigma_I + \sigma_{II}$.

Die Querkräfte werden im Zustand I von den Stegen der Stahlträger aufgenommen und ergeben so kleine Schubspannungen, daß keine Beulgefahr besteht und die Näherungsformel angewendet werden kann:

$$\tau_I = \frac{Q_I}{h_s t} \quad (t = \text{Stegdicke}).$$

Die im Zustand II entstehenden Querkräfte werden vom Verbundkörper übernommen und rufen im Beton etwa folgende Schubspannungen hervor

$$\tau_{II B} = \frac{Q_{II}}{(d_0 b_0 + n h_s t)},$$

wobei als b_0 die mittlere Breite der Hauptträgerrippe einzusetzen ist.

An Stelle von d_0 kann auch wie im Eisenbetonbau $z = \frac{7}{8} \cdot d_0$ gesetzt werden. Statt des Wertes $n = E_{St}/E_B$ müßte eigentlich das Verhältnis der Schubwerte gesetzt werden, das kleiner wird als n . Da jedoch der Schubwert von Beton stark wechselt und nicht genügend bekannt ist, kann n beibehalten werden, wenn dafür τ_{zul} auf etwa 8 kg/cm² herabgesetzt wird.

Die zusätzliche Schubspannung im Steg des Stahlträgers wird

$$\tau_{II S} = \frac{Q_{II}}{n \cdot d_0 b_0 + h_s t},$$

wobei zur weiteren Sicherheit gegen Schubbrüche der Betonwert $\frac{1}{n} \cdot d_0 b_0$

vernachlässigt werden kann. Die zulässige Schubspannung von Stahl darf dabei voll ausgenutzt werden, weil der Steg nicht ausbeulen kann, sofern der Beton mit Durchsteckbügeln am Abspringen gehindert ist.

Die Haftspannungen zwischen dem Stahlträger und dem Beton werden nur von Q_{II} hervorgerufen. Durch die Haftung werden Längsverschiebungen zwischen dem Druckgurt des Stahles und dem umhüllenden Beton verhindert. Die Haftspannungen ergeben sich aus

$$\tau_H = \frac{Q_{II} \ominus}{JU}$$

dabei ist

\ominus = statisches Moment der über der Bezuglinie liegenden Betonfläche in bezug auf die Bezuglinie. Als Bezuglinie wird meist die Nulllinie gewählt,

U = Umfang des Stahlträgers über der Bezuglinie (beide Flansch- und Stegseiten).

Die Haftspannungen im Druckgurt dürfen die zulässige Grenze von $\tau_H = 5 \text{ kg/cm}^2$ nicht überschreiten, weil von der Haftung die Verbundwirkung abhängt. Im Zuggurt, für den sinngemäß die gleichen Formeln gelten, sind höhere Haftspannungen ungefährlich, weil der Steg des Stahlträgers die Wirkung des Zuggurtes sichert. Werden die Haftspannungen sehr hoch, so kann die Haftung im Druckgurt durch Aufrauen der Stahlflächen oder durch aufgeschweißte oder genietete Querrippen an den Trägereenden verbessert werden.

Die Durchbiegungen werden als Moment des mit der $\frac{M}{EJ}$ -Fläche belasteten Tragwerks berechnet. Auch hier ist eine Durchbiegung der Stahlträger allein im Zustand I, berechnet mit J_{St} und E_{St} , zu unterscheiden von der weiteren Durchbiegung im Zustand II, für den die dem Verbundquerschnitt entsprechenden EJ -Werte einzusetzen sind. Die für den Zustand II ermittelten Trägheitsmomente J sind auf den Beton bezogen, die Stahlquerschnitte wurden mit n -facher Breite als zusätzlicher Beton gedacht. Dementsprechend muß E_B , der Elastizitätswert des Betons, oder $\frac{1}{n} \cdot E_{St}$ eingesetzt werden. Der für die Bemessung benutzte Wert n ist mit Rücksicht auf die Sicherheit gegen Bruch in den amtlichen Bestimmungen mit der Zahl 15 festgelegt, dies entspricht einem Elastizitätswert des Betons von $E_B = \frac{2 \cdot 100 \cdot 000}{15} = 140 \cdot 000 \text{ kg/cm}^2$. Mit den heutigen

Zementen und Vorschriften für die Betonherstellung werden aber Biegeelastizitätswerte von 300 000 bis 420 000 kg/cm^2 ohne besondere Maßnahmen erreicht, was $n = 5$ bis 7 entspricht. Auch Roß hat an alten und neuen schweizerischen Bauwerken derartige E -Werte gemessen⁴⁾. Für die zu erwartenden Durchbiegungen am Bauwerk muß demnach das Trägheitsmoment J neu mit $n = 5$ bis 8 berechnet und zusammen mit dem Trägheitsmoment eingesetzt werden, das der Betonelastizität der gewählten n -Zahl entspricht. Das Produkt EJ wird dabei größer als für $E_B = 140 \cdot 000$ und $n = 15$. Unter den zulässigen Verkehrslasten sind also die Beanspruchungen der Stahlträger kleiner, die des Betons größer, als bei der Bemessung mit $n = 15$ der Sicherheit wegen angenommen wurde.

Im Zustand II wirken die Querträger lastverteilend. Nach den neuen Vorschriften DIN 1073 muß diese Wirkung bei der Ermittlung der auf die einzelnen Hauptträger entfallenden Lastanteile berücksichtigt werden. Durch die Querverteilung von Fahrzeuglasten werden weitere merkliche Stahlersparnisse erzielt, zudem Einzellasten auf weit größere Breiten verteilt werden, als in den Vorschriften vorgesehen war. Bei der Berechnung der Trägerrostwirkung werden gleichzeitig die Spannungen im Querträger ermittelt, für den die mitwirkende Plattenbreite des Betons gleich groß angenommen werden darf wie bei den Hauptträgern, jedoch nicht größer als $1/3$ bei einem Querträger oder als λ bei mehreren Querträgern (λ Querträgerabstand).

Die Anwendung der beschriebenen Berechnungsweise ist im Hochbau ebenso richtig wie im Brückenbau und führt auch dort besonders bei hohen Nutzlasten zu erheblichen Stahlersparnissen.

Die Tafel (Abb. 19) zeigt das Ergebnis von Vergleichsberechnungen für eine Reichsstraßenbrücke (Brückenklasse I) von 15 m Spannweite und 9 m Fahrbahnbreite bei einer gleichen Bauhöhe von 92 cm ohne Dichtung und Belag und ohne untere Betonüberdeckung des Stahles. Der Stahlbedarf ist mit und ohne Berücksichtigung der Verbundwirkung und für Eisenbetonüberbauten angegeben. Bei sonst gleicher Bauweise verringert sich das Eigengewicht mit abnehmendem Stahlbedarf, weil Zahl und Ab-

⁴⁾ Bauing. 1940, S. 26.

Bauart	Berechnung mit		Eigen-gew. o. Dichtg. u. Belag kg/m^2	Stahlbedarf		Gesamt-Stahlbedarf kg/m^2	Stahlbe-darf %	Betonbedarf m^3/m^2	statisch wirk-same Höhe m	Bemerkungen
	Ver-bund-wirkg.	Last-ver-teilg.		Haupt-träger kg/m^2	Querr.-u. Be-schwehrg. kg/m^2					
	nein	nein	2458	281	17	298	100	0,98	0,80	Alle Werte bezogen a. $\sigma_{\text{max}} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ Stahlzahl = 1,25 Träger P.80
"	ja	nein	2440	263	17	280	94	0,98	0,92	"
	ja	ja	2413	235	3+15-18	253	85	0,98	0,92	"
	ja	ja	1547	185	3+19-22	207	69,5	0,61	0,92	"
	nein	ja	1030	771	65+17-23,5	194,5	65	0,38	0,80	"
	ja	ja	1010	151	23,5	174,5	58	0,38	0,92	"
	nein	ja	681	139	22+35-57	196	66	0,22	0,80	"
	ja	ja	720	115	22+35-57	172	58	0,26	1,11	"
	ja	ja	2275	-	115	115	39	0,98	0,92	"
	ja	ja	1090	-	5+94-99	99	33	0,45	0,92	mit gezeichnet. Bauhöhe kaum ausführbar

Abb. 19. Tafel.

stände der Träger sich ändern. Die Stahlersparnis bei den Verbundbrücken beträgt gegenüber der alten Bau- und Berechnungsweise bis zu 45 %. Am günstigsten wird der Stahlverbrauch bei freien Stahlträgern mit aufbetonierter 20 bis 24 cm dicker Fahrbahnplatte, deren Mitwirkung als Druckgurt durch besondere Maßnahmen gesichert ist, oder — mit Lehrgerüsten — bei der reinen Eisenbetonbauweise, die nur rd. 33 % des für die alten Verbundbrücken benötigten Stahls braucht. Mit leichteren Fahrbahnbelägen werden die Unterschiede noch deutlicher.

Die fertigen Bemessungstabellen der alten, schweren Verbundbrücken haben sicher nicht wenig zu ihrer häufigen Anwendung beigetragen. Man könnte auch für die aufgeführten stahlsparenden Bauweisen die Berechnung unter Berücksichtigung der Verbundwirkung und Querverteilung für die genormten Breiten der Straßen- oder Eisenbahnbrücken bei verschiedenen Spannweiten einmal sorgfältig durchführen, um neue Tabellen mit allen erforderlichen Abmessungen aufzustellen.

So wichtig es ist, in Zukunft durch solche Tabellen die Rechenarbeit für jede kleine Brücke, die sich im Reich jährlich oftmals wiederholt, zu ersparen und die Ingenieure für wichtigere Arbeiten frei zu machen, so sollte doch dieser Weg zunächst nur für die gewöhnlichen Überbauten aus Eisenbeton oder die einfachen Stahlbrücken beschränkt werden, damit ihre Anwendung gefördert wird. Einbetonierte Stahlträger aber sollten nur für Ausnahmefälle gewählt werden und können dann auch einzeln berechnet werden. Sie sind gegenüber den üblichen Stahl- und Eisenbetonbrücken nur berechtigt, wenn kein Lehrgerüst erstellt werden kann, die benötigte Durchfahrthöhe den Einbau von Gerüstträgern nicht gestattet und besonders starke Rostgefahr gegen die Verwendung offener Stahlträger spricht.

Vermischtes.

Geheimer Regierungsrat H. Boost war am 7. Juli 50 Jahre im Staatsdienst tätig. Er trat 1890 als Regierungsbauführer ein, wurde 1900 ordentlicher Professor für Statik im Hochbau in Aachen, 1902 für Baukonstruktionen und Eisenhochbau in Berlin und übernahm hier 1903 außerdem den Lehrstuhl für Beton- und Eisenbetonbau, den ersten dieser Art in Deutschland. Nach seinem Ausscheiden nahm er in Berlin einen Lehrauftrag für Kriegsbrücken an. Er ist besonders auch durch seine beratende Tätigkeit auf seinem Fachgebiet bekanntgeworden.

Professor Dr. Th. Rehbock, dem bekannten Flußbauer, früheren ordentlichen Professor des Wasserbaues an der Technischen Hochschule Karlsruhe, hat die Technische Hochschule Budapest die Würde eines Ehrendoktors verliehen.

Technische Hochschule Braunschweig. Dipl.-Ing. Werner Jacobs ist beauftragt worden, in der Abteilung für Bauwesen ausgewählte Teile der Baukonstruktionen in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

Technische Hochschule München. Dipl.-Ing. Ludwig Steinberger ist beauftragt worden, in der Abteilung für Bauwesen Ingenieurbautechnik für Vermessungsingenieure einschl. Straßenbau, Städtebau und Siedlungswesen in Vorlesungen und Übungen zu vertreten.

Technische Hochschule Wien. Dipl.-Ing. L. von Rabcewicz in Mannheim hat als ordentlicher Professor den Lehrstuhl für Straßenbau, Eisenbahn- und Tunnelbau übernommen. — Dr.-Ing. O. K. Fröhlich, in Mannheim ist unter Ernennung zum ordentlichen Professor in der Abteilung für Bauingenieurwesen der Lehrstuhl für Grundbau und Bodenmechanik übertragen worden.

Technische Hochschule Brünn. Dr.-Ing. W. Haasler in Bremen hat als ordentlicher Professor den Lehrstuhl für Grundbau und Verkehrswasserbau übernommen.

Hochschule für Bodenkultur in Wien. Der Honorarprofessor für Baustoffkunde, Baustatik und Eisenbetonbau, Ministerialrat a. D. Dr.-Ing. Dr. techn. Franz Gebauer wurde zum Honorarprofessor ernannt.

Baudirektion für das Generalgouvernement. Zur Ordnung des gesamten Bauwesens im Generalgouvernement ist die „Baudirektion für das Generalgouvernement“ eingerichtet worden. Zum Leiter wurde Baurat Hofer berufen.

Die Hafentechnische Gesellschaft (im Arbeitskreis Schiffahrtstechnik des N. S.-Bundes Deutscher Technik) hat einstudien in Aussicht genommen, ihre diesjährige Hauptversammlung am 20. November zusammen mit der Schiffbautechnischen Gesellschaft als Vortragstagung in Berlin abzuhalten.

Vollbehr-Ausstellung. Der bekannte Kriegs- und Reichsautobahnmalers Ernst Vollbehr hat im Berliner Zeughaus unter dem Leitwort „Vom Westwall nach Frankreich hinein“ Gemälde ausgestellt, die das Kriegsgeschehen in Frankreich wiedergeben und besonders die Leistungen des deutschen Arbeiters in Feindesland würdigen. Die Ausstellung wurde am 4. Juli durch Reichsminister Dr. Todt eröffnet.

Aus dem Geschäftsbericht 1939 der Deutschen Reichsbahn¹⁾. Die Bautätigkeit der Deutschen Reichsbahn war im Geschäftsjahr 1939 im allgemeinen äußerst rege. In der Hauptsache dienten die Bauvorhaben dazu, die Leistungsfähigkeit der Reichsbahn durch Ausbau und Umbau von Bahnhöfen und sonstigen Betriebs- und Verkehrsanlagen, durch Schaffung neuer Anlagen und durch Verbesserung der Linienführung und Gleisanlagen weiter zu steigern. Besonders betriebsnotwendig waren die Arbeiten, die sich aus der Verlagerung der Verkehrsströme infolge der Heimkehr der Ostmark und des Sudetenlandes zum Reich sowie aus der Verlegung und der Neuerrichtung von Industrien ergaben. Trotz der angespannten Lage im Arbeitseinsatz und auf dem Rohstoffmarkt wurden erhebliche Baufortschritte erzielt. Der Krieg blieb auf diese lebhafte Bautätigkeit natürlich nicht ohne Einwirkung. Einige aufschiebende Bauausführungen, z. B. aus der baulichen Neugestaltung deutscher Städte und ihrer Bahnanlagen, mußten hinter dringlicheren Bauten zurücktreten. Als wichtige Aufgaben kamen der Wiederaufbau und die Neuordnung des Eisenbahnwesens in den zum Reich zurückgekehrten Ostgebieten hinzu.

Die Fertigstellung der Berliner Nordsüd-S-Bahn im Berichtsjahr brachte durch die unmittelbare Verbindung der südlichen und nördlichen Vororte Groß-Berlins neue wichtige Verkehrsbeziehungen. Ebenso war für die Reichshauptstadt von Bedeutung die Fortsetzung der schwierigen Umbauten des Bahnhofs Berlin-Zoologischer Garten und Berlin-Friedrichstraße, die den erhöhten Betriebsleistungen und dem stark gestiegenen Verkehr nicht mehr gewachsen waren. Die Bauausführung schritt trotz der Schwierigkeiten der Arbeiten im laufenden Betriebe gut voran. Einen breiten Raum in der Bautätigkeit nahmen die im Rahmen des Vierjahresplans durchzuführenden Bauten ein, bei denen das Streckennetz der Reichsbahn umzugestalten und Betriebs- und Verkehrsanlagen zu erweitern oder neu herzustellen sind. Die bereits eingeleitete umfassende Umgestaltung der Nürnberger Bahnanlagen schuf weitere Voraussetzungen für die reibungslose Abwicklung des Massenverkehrs aus Anlaß der an Bedeutung mehr und mehr zunehmenden Reichsparteitage. Ferner wurden die Arbeiten für die Verbesserung der Betriebs- und Verkehrsanlagen im Ruhrgebiet fortgesetzt und die damit verbundenen Bahnhofsumbauten weitergeführt oder fertiggestellt. Bei allen Neu- und Umbauten wurde wie auch sonst stets auf künstlerische Gestaltung und auf zweckmäßige und freundliche Ausstattung der Arbeitsplätze und Aufenthaltsräume der Gefolgschaften Wert gelegt.

In der Unterhaltung und Erneuerung des Oberbaues waren die Leistungen zufriedenstellend. Im Dienste des Vierjahresplans wurde der Stahlverbrauch durch zahlreiche bauliche und verwaltungsmäßige Maßnahmen eingeschränkt. Bei Beschaffung der Schienen konnten bereits die Werke in den zum Reich zurückgekehrten Ostgebieten beteiligt werden. Der Bedarf an Holzschwellen, die überwiegend aus dem Inlande bezogen wurden, wurde, ebenso wie der Bedarf an Gleisschotter, reibungslos befriedigt.

Die in den Ostgebieten durch die Polen zerstörten Strecken und Bahnanlagen wurden in kurzer Zeit wieder betriebsfähig her-

gerichtet, an den von den Polen im Jahre 1922 unterbrochenen Bahnstellen der Anschluß an das Schienennetz des Altreiches wiederhergestellt. Der Wiederaufbau der zerstörten Gebäude geht planmäßig vonstatten. Die endgültige Wiederherstellung der vielen gesprengten Eisenbahnbrücken, die zunächst nur behelfsmäßig betriebsfähig gemacht werden konnten, ist im Gange.

Die Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit an Wegübergängen wurden in Zusammenarbeit mit der Reichsstraßenverwaltung weiterhin gefördert. Zahlreiche schienengleiche Wegübergänge wurden durch den Bau von Über- oder Unterführungen beseitigt. In vielen Fällen wurden Kreuzungen von Reichsbahnstrecken mit Straßen, die bisher ohne Kreuzungsschutz waren, mit Warnlichtanlagen oder Schranken ausgerüstet. Durch Anlage von Längswegen oder andere Maßnahmen war es möglich, viele Wegübergänge aufzuheben.

An zahlreichen Überwegen wurden Überwachungen der Schrankenschließung durch Zugbeeinflussung eingebaut. Nebenher liefen Arbeiten zur Verbesserung der Sicht an den Wegübergängen und zur Erhöhung der Sichtbarkeit der Schranken. In der Ostmark und im Sudetenlande machte die Sicherheit der Reichsstraßenübergänge durch Wegebaken Fortschritte.

Die Erneuerung und Instandsetzung von Brücken sowie die Verstärkung von Bauwerken in Anpassung an die schweren Lastzüge wurde fortgesetzt. Bei stählernen Bauwerken, über die Geh. Baurat Dr. Schaper bereits in Heft 1 u. f. der Bautechn. 1940 eingehend berichtet hat, wurden stahlsparende Bauweisen angewendet. Besonderer Wert ist auf das gute Aussehen der Brücken und auf ihre Einfügung in das Landschaftsbild gelegt worden.

Auf einwandfreien Stand der Sicherungsanlagen wurde geachtet. Veraltete Stellwerke wurden erneuert und durch neuzeitliche Einrichtungen ersetzt; die elektrische Streckenblockung wurde auf weitere Strecken ausgedehnt. Zur Verdichtung der Zugfolge und Erhöhung der Streckenleistung wurden manche längere Streckenabschnitte durch Einschaltung neuer Blockstellen unterteilt. Im Fernmeldenetz der Reichsbahn wurden die Verbindungsmöglichkeiten erweitert und zahlreiche Handvermittlungen durch Selbstanschlußanlagen ersetzt; das Fernschreibenetz wurde weiter ausgebaut.

In der Stoffwirtschaft konnte der Verbrauch devisenzehrender Stoffe noch weiter eingeschränkt werden. Dies ist nicht nur zu danken der engen Zusammenarbeit mit den Versuchs- und Forschungsstellen von Industrie und Wissenschaft, sondern auch eigenen Versuchen, die in den verschiedenen Versuchsanstalten wertvolle Erkenntnisse und Fortschritte brachten. Bei der Vergebung von Aufträgen war — wie schon in den Vorjahren — auf die Rohstofflage und den Mangel an Facharbeitern ebenso wie auf volkswirtschaftliche Gesichtspunkte Rücksicht zu nehmen. Besondere Sorgfalt wurde möglichst weitgehend zeitlichen und örtlichen Beschäftigungsausgleich und ausreichender Beteiligung des Handwerks und des mittelständischen Gewerbes gewidmet.

Nach Beendigung des Feldzuges in Polen wurde (Ende Oktober) die in Posen bestehende Eisenbahndirektion in eine Reichsbahndirektion umgewandelt und eine Reichsbahndirektion in Danzig neu eingerichtet; die Eisenbahndirektion in Litzmannstadt (Lodsch) wurde später aufgehoben. Die ostoberschlesischen Eisenbahnen blieben in der Verwaltung der Reichsbahndirektionen Oppeln und Breslau, auch der Reichsbahndirektion Königsberg wurden einige Strecken der ehemals polnischen Eisenbahnen angegliedert. Für die Verwaltung der Eisenbahnen des Generalgouvernements wurde eine Generaldirektion der Ostbahn in Krakau eingerichtet; das Generalgouvernement verwaltet seine Eisenbahnen mit selbständigem Haushalt selbst.

Für die Kraftwerke und das Fernleitungsnetz der Deutschen Reichsbahn wurde am 1. April 1939 eine „Elektrische Oberbetriebsleitung“ mit dem Sitz in Innsbruck errichtet, die den Eisenbahnabteilungen des Reichsverkehrsministeriums unmittelbar unterstellt ist. In den Schwerpunkten der Kraftwerkgruppen wurden außerdem Elektrische Betriebsleitungen errichtet, die der Elektrischen Oberbetriebsleitung unterstehen.

Außer dem die Verhältnisse der Deutschen Reichsbahn grundsätzlich und grundlegend regelnden Reichsbahngesetz vom 4. Juli 1939 wurde — am gleichen Tage — das wichtige Gesetz über Kreuzungen von Eisenbahnen und Straßen erlassen, das die Schienenfreiheit verkehrswichtiger Kreuzungen als erstrebenswertes Ziel bezeichnet und zugleich die Verteilung der Herstellungs- und Unterhaltungskosten für die Anlage einer Kreuzung regelt.

Laskus.

Berichtigung.

Der in Heft 28 auf Seite 332 genannte Runderlaß des Herrn Reichsverkehrsministers vom 29. April 1940 über Landschaftsgestaltung trägt das Zeichen W9G, 2655/40 (nicht W u. G.).

INHALT: Die Markthalle in Santiago del Estero (Argentinien). — Straßenunfälle — Straßenbau. — Brücken aus einbetonierten Stahlträgern. — Vermischtes: Geheimrat Regierungsrat H. Boost. — Professor Dr. Th. Rehbock. — Technische Hochschule Braunschweig. — Technische Hochschule München. — Technische Hochschule Wien. — Technische Hochschule Brünn. — Hochschule für Bodenkultur in Wien. — Baudirektion für das Generalgouvernement. — Die Hafentechnische Gesellschaft. — Vollbehr-Ausstellung. — Aus dem Geschäftsbericht 1939 der Deutschen Reichsbahn. — Berichtigung.

Verantwortlich für den Inhalt: Dr.-Ing. Erich Lohmeyer, Oberbaudirektor a. D., Berlin. Verlag: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin W 9. Druck: Buchdruckerei Gebrüder Ernst, Berlin SW 66.