

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

Schriftleitung: Dr. Ing. H. Uebelacker, Nürnberg, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

84. Jahrgang

1. September 1929

Heft 17

Die Pfälzischen Rheinbrücken und der Skizzenwettbewerb für drei neue Rheinbrücken.

Von Reichsbahnoberrat Weidmann in München.

Der Verlust der ehemaligen deutschen Reichsländer und die Umschließung des Saargebietes mit einer Zollgrenze bedeuten für die Pfalz mit ihrer hochentwickelten Landwirtschaft und gleich wertvollen Industrie wegen der verloren gegangenen Absatzgebiete die Einleitung einer wirtschaftlichen Erstarrung. Von Reich, Ländern und nicht zuletzt der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft blieb dieser Zustand nicht lange unbeachtet, doch war es unmöglich, der von der französischen Besatzung schwer gedrückten Pfalz durch Stärkung des Wirtschaftslebens zu helfen. Immerhin sind während dieser Zeit Pläne gereift, bei denen dieses Ziel ins Auge gefaßt war.

Der die badisch-pfälzische Grenze bildende Rhein wird bei Ludwigshafen-Mannheim, sowie bei Germersheim auf eisernen zweigleisigen Eisenbahnbrücken, dann bei Speyer (Abb. 1) und Maximiliansau-Maxau (Abb. 2) auf Eisenbahnschiffbrücken*) überquert. Keine dieser Brücken entspricht in ihrer Tragfähigkeit den heutigen Verkehrsansprüchen.

Die beiden Eisenbahnschiffbrücken sind, sofern überhaupt irgendwo anders gleichem Zweck dienende ähnliche Brücken bestanden haben sollten, schon jahrzehntlang im Deutschen Reiche die letzten ihrer Art. Vom brückentechnischen Standpunkt aus kann ihnen wegen ihrer Überalterung, geringen Tragfähigkeit, teuren Betriebs- und großen Unterhaltungskosten nur brückengeschichtlicher Wert beigemessen werden.

Die eiserne Brücke bei Germersheim (Abb. 3) wurde in den Jahren 1873/74 gebaut. Ihre Tragfähigkeit entspricht nicht den Anforderungen der heute maßgebenden Lastenzüge, doch ist eine, sie für eine Reihe von Jahren noch verwendungsfähig machende Verstärkung möglich und es soll diese auch im Laufe dieses Jahres durchgeführt werden.

Zu den ältesten aller Rheinbrücken zählen die heute noch im Betrieb befindlichen, unmittelbar nebeneinander gelegenen Eisenbahn- und Straßenbrücken zwischen Ludwigshafen und Mannheim (Abb. 4). Beide Brücken wurden in dem Jahre 1868 fertiggestellt. Die Hauptträgerabstände betragen bei der zweigleisigen Eisenbahnbrücke 8,5 m und bei der Straßenbrücke 7,5 m. Sowohl die Eisenbahn- als auch die Straßenbrücke besitzt je einen, außerhalb der Fahrbahn liegenden Fußweg von 1,8 m Breite. Zwischen den Widerlagern beträgt die Lichtweite jeder der beiden Brücken 270 m, die durch zwei Strompfeiler in drei gleiche Teile geteilt ist. Jede der drei Öffnungen mißt zwischen den Pfeilern 87,33 m. Die Systemhöhe jedes Hauptträgers ist mit 10 m und die Entfernung benachbarter Querträger mit je 4,5 m festgelegt. Als Abschluß der Eisenüberbauten dienen auf beiden Brückenwiderlagern schöne Steinportale (Abb. 5) nach dem Entwurfe des Professors Durm in Karlsruhe. Die Rheinbrücke zwischen Ludwigshafen und Mannheim ist in einer Zeit entstanden, da Ludwigshafen erst wenige Jahre Stadtrechte besaß. Es ließ sich damals nicht das bald einsetzende amerikanische Wachstum dieser Industriestadt und des mit ihr Schritt haltenden Mannheim voraussehen. Schon lange vor dem Beginne des Weltkrieges war die Leistungsmöglichkeit der Straßenbrücke erschöpft und die Tragfähigkeit der Eisenbahnbrücke als ungenügend erkannt.

*) In der Nähe der festen Eisenbahnbrücke Germersheim wird der Rhein noch von einer nur leichtem Straßenverkehr dienenden Schiffbrücke überquert.

Den herrschenden Zuständen Rechnung tragend, hat nunmehr zur Erlangung guter Gestaltungspläne für die zwischen Ludwigshafen und Mannheim, bei Speyer und Maxau über den Rhein zu erbauenden neuen Brücken das Reichsverkehrsministerium in Verbindung mit der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und den in Betracht kommenden Länderregierungen im vergangenen Sommer einen Skizzenwettbewerb ausgeschrieben. Zwischen Ludwigshafen und Mannheim kommt der Bau einer zweigleisigen Eisenbahnbrücke in Betracht. Während für Speyer der Bau einer eingleisigen Eisenbahnbrücke und getrennt davon, doch auf gemeinsamen Unterbauten die Erbauung einer Straßenbrücke als Notwendigkeit bezeichnet wurde, soll für Maxau neben einer gleichartigen Straßenbrücke eine zweigleisige Eisenbahnbrücke ausgeführt werden.

Die Tragfähigkeit der sämtlichen, neuen Eisenbahnbrücken wird für den Lastenzug „N“ bemessen. Auf jedem Gleis ist hierbei die gleichzeitige Wirkung von zwei je 175 Tonnen schweren Tenderlokomotiven und eine Anzahl ein- oder zweiseitig sich anschließender vierachsiger je 80 Tonnen schwerer Großgüterwagen in ungünstigster Stellung für die Berechnung anzunehmen. Die zwischen Ludwigshafen und Mannheim geplante neue Eisenbahnbrücke soll 15,5 m oberhalb der Gleisachse der jetzigen Eisenbahnbrücke errichtet werden, wobei auf die bestehende Brücke bei der Formgebung Rücksicht genommen werden soll. Für den Entwurf kann eine Lösung nach Art der bestehenden, mit drei Öffnungen oder auch eine solche mit Überbrückung des Rheines in einer einzigen Öffnung vorgeschlagen werden. Der Skizzenwettbewerb für die drei neuen Rheinbrücken fand eine sehr rege Beteiligung. Bis zu dem als Ablieferungstermin festgesetzten 13. Oktober 1928 waren einschließlich der Nebenentwürfe für die Brücke bei Ludwigshafen-Mannheim 138, für die Brücke bei Speyer 125 und für die Brücke bei Maxau 124 Entwürfe eingereicht worden, so daß es nicht möglich war, die für die drei Brücken gebildeten, unter dem Vorsitz des Ministerialdirektors Knaut vom Reichsverkehrsministerium stehenden Preisgerichte für die drei Brücken gemeinsam zusammentreten zu lassen. Es mußten vielmehr für jede der drei Brücken die Entscheidungen gesondert gefällt werden.

I. Ludwigshafen-Mannheim.

Für die Überbrückungsmöglichkeiten des Rheines zwischen Ludwigshafen und Mannheim waren durch Vorbearbeitungen und Kostenvergleiche von der Reichsbahn nicht unwesentliche Ersparnisse bei Errichtung einer dreiteiligen Brücke gegenüber einer solchen mit zwei oder gar mit nur einer Öffnung festgestellt worden. Letztere wird für die Schifffahrt die größeren Vorteile bieten, sobald die gegenwärtige Brücke ebenfalls in eine solche mit nur einer Öffnung umgebaut ist. Bis zu diesem Zeitpunkt bietet der Bau einer den Rhein in einer Öffnung überspannenden, unmittelbar neben der alten Brücke gelagerten neuen Brücke der Schifffahrt keinerlei Vorteile.

Auch der dem Zivilingenieur Kilgus aus Breslau mit dem ersten Preis ausgezeichnete Entwurf trug dieser Überlegung Rechnung (Abb. 6). Er schlägt Parallelfachwerkträger mit steigenden und fallenden Streben über drei Öffnungen vor und stützt diese durchlaufenden Hauptträger auf den jeweils verlängerten Pfeilern der alten Brücke. In ihrer Tragfähigkeit

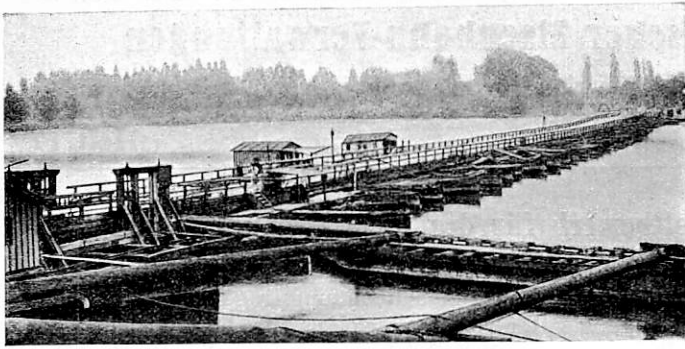


Abb. 1. Eisenbahnschiffbrücke bei Speyer.
(Die Brückenschiffe sind für den Zugverkehr geschlossen aneinandergereiht.)

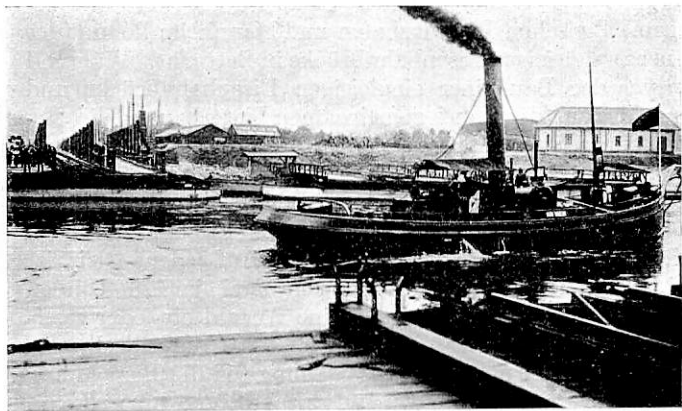


Abb. 2. Eisenbahnschiffbrücke bei Maximiliansau-Maxau
(für den Schiffverkehr geöffnet).

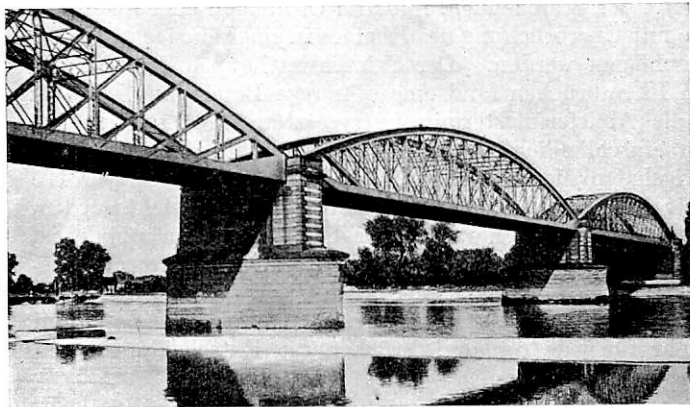


Abb. 3. Eisenbahnbrücke bei Germersheim.



Abb. 4. Eisenbahn- u. Straßenbrücke zwischen Ludwigshafen u. Mannheim.



Abb. 5. Portal der Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim
(auf der Ludwigshafener Seite).

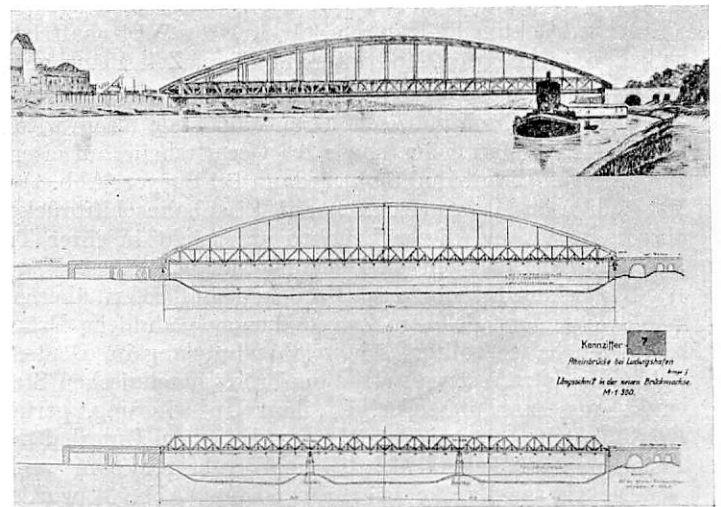


Abb. 6. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. I. Preis. Verfasser: Zivilingenieur
E. M. Kilgus, Breslau. Perspektiven dargestellt von Kunstmaler
Beuthner und Architekt Pfafferott, beide in Breslau.

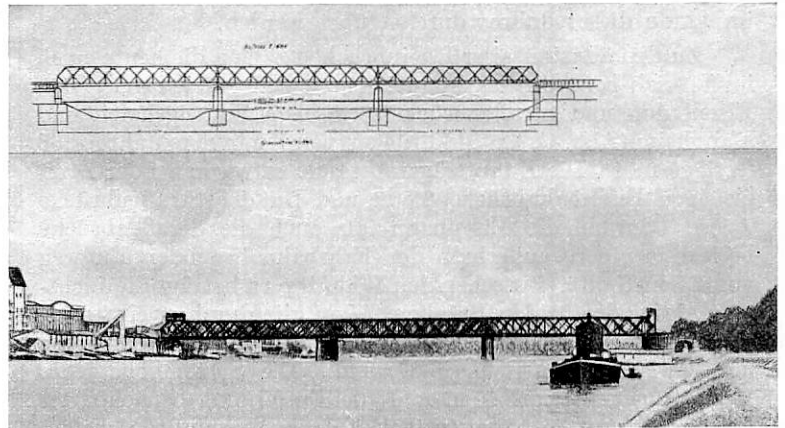


Abb. 7. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. II. Preis. Verfasser: Reichsbahnoberrat
Krabbe, Mitglied der Reichsbahndirektion Essen.

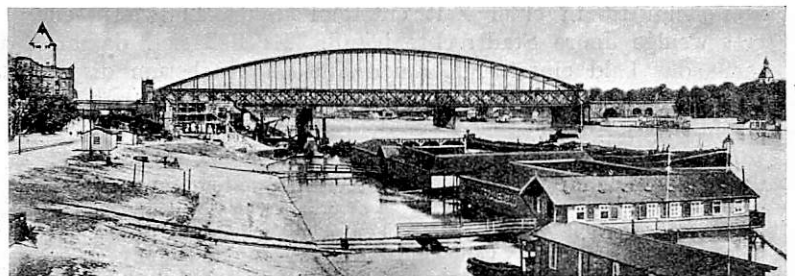


Abb. 8. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. III. Preis. Verfasser: Maschinenfabrik
Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz; Grün
& Bilfinger A.-G., Mannheim; Künstlerischer Berater: Baudirektor Abel, Köln.

den Maximal-Anforderungen des Eisenbahnverkehrs entsprechend, können diese Träger, sobald an Stelle der jetzigen Brücken eine den Rhein in einer Öffnung überspannende Brücke erstellt ist, durch jeweiligen innigen Verbund mit gleichen Hauptträgern und Überspannung dieser so entstehenden Doppelträger mit einem gemeinsamen Stabbogen, ohne Betriebsstörung zur weitgespannten Brücke umgestaltet werden („Langerscher Balken“). Die beim zweiten Ausbau als Versteifungsträger dienenden Parallelfachwerkträger sind 9,13 m hoch vorgesehen. Die versteiften Stabbögen erhalten eine Stützweite von 278 m. Die Scheitel der Bögen liegen bei 11,1 m Mittenabstand 26 m über dem Versteifungsträger. Der Vorteil dieser Bauweise besteht darin, daß für die weitgespannte Brücke Mittel erst dann aufzuwenden sind, wenn ein solcher Überbau auch wirksam gemacht werden kann.

Für einen über drei Öffnungen mit $90,8 + 91,3 + 90,8$ m Stützweite ohne Gelenke durchlaufenden Parallelträger mit Rautenfachwerk wurde dem Reichsbahnoberrat Krabbe in Essen der zweite Preis zuerkannt (Abb. 7). In der Formgebung zeigt dieser Träger große Ähnlichkeit mit denen der Weseler Rheinbrücke. Jedoch wird durch die Einfügung kurzer Pfosten in die Rautenberührungspunkte hier neben der besseren statischen Wirksamkeit auch der Anschluß der Querträger mittels dieser Pfosten konstruktiv befriedigender zur Geltung gebracht. Über den Stompfeilern sind biegungssteife Doppelpfosten vorgesehen. Die Systemhöhe der Hauptträger beträgt 10 und ihr gegenseitiger Abstand 9,7 m.

Ein von dem Werk Gustavsburg der MAN eingereichter Entwurf, der als sogenannter „Langerscher Balken“ in einer einzigen Öffnung die ganze Strombreite mit 274 m Stützweite überspannt, wurde mit dem dritten Preis ausgezeichnet (Abb. 8 und 9). Die geometrische Systemhöhe des parallelgurtigen Versteifungsträgers mit Rautenfachwerk beträgt 9,5 m, die Pfeilhöhe des Bogens über dem Obergurt des Versteifungsträgers 25 m, bei 14 m Hauptträgerabstand.

Der mit dem vierten Preis ausgezeichnete Entwurf des Dipl.-Ing. Max Haaf in Mannheim und seines Mitarbeiters Architekt Vorholz in Ludwigshafen zeigt Schlichtheit, verbunden mit konstruktiver Klarheit und steht zu vielen anderen Entwürfen damit im Gegensatz (Abb. 10). Jeder der drei Überbauten dieses Entwurfes zeigt als Ausfachung nach der Mitte zu fallende Streben. Wenn das Los dieses Entwurfes auch kaum darin bestehen wird, ausgeführt zu werden, so ist die Bedingung des Ausschreibens, daß auf die bestehende Brücke bei der Formgebung der neuen Brücke Rücksicht zu nehmen sei, in weitestgehender Weise erfüllt.

Der durch Ankauf von 1000 *ℛℳ* ausgezeichnete Entwurf der Firma Louis Eilers in Hannover-Herrenhausen läßt in der außergewöhnlichen Höhe des Stabbogens und dem knapp bemessenen Hauptträgerabstande von nur 10 m die Absicht erkennen, die Brücke mit dem geringstmöglichen Materialaufwand auszuführen (Abb. 11). Seitlich der Brückenuntergurte sind besondere Windgurträger angebaut und hierdurch eine Höhe der wagrechten Windträger von $h = 1/20 \cdot l = 13,5$ m erzielt worden. Über diesen Ausbauten sind außerhalb der Hauptträger die Fußwegträger angeordnet. Ob das Verhältnis des geringen Hauptträgerabstandes zu der großen Brückenlänge zur Erzielung ausreichender Quersteifigkeit der ganzen Brücke genügt, kann nicht ohne weiteres entschieden werden.

Große Ähnlichkeit mit dem preisgekrönten Entwurf von Reichsbahnoberrat Krabbe zeigt der durch Ankauf mit 1000 *ℛℳ* ausgezeichnete Entwurf von Prof. Dr. Maier Leibnitz in Stuttgart (Abb. 12). Auch hier werden die drei Öffnungen mit durchlaufenden Trägern überspannt, deren Höhe 9,13 m beträgt. Die Füllglieder sind als Rautenfachwerk an-

geordnet. In den Berührungspunkten der Rauten stellen kurze Pfosten Verbindungen mit dem Untergurt her und dienen zum Anschluß der Querträger. Als Stabilitätspfosten sind in den beiden Seitenöffnungen je ein senkrechter und in der Mittelöffnung zwei wagrechte Pfosten eingebaut. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, über jeder Öffnung die Montage des jeweiligen Hauptträgeranteiles gesondert auszuführen, was eine Erleichterung der Bauausführung bedeuten dürfte.

Hat in den bisher beschriebenen Entwürfen die Bestimmung des Ausschreibens: „Auf die bestehende Brücke ist bei der Formgebung der neuen Brücke Rücksicht zu nehmen“ weitgehend Anwendung gefunden, so zeigt der von Professor Dr. Gaber in Karlsruhe eingereichte und durch Ankauf übernommene Entwurf im Gegensatz zu der angeführten Bestimmung des Ausschreibens eine vollwandige Bogenbrücke mit Kragarmen und Zugband (Abb. 13). Fraglos kann man der Ansicht zustimmen, daß man Bauwerke einer neuen Zeit nicht mit dem Ballast der Anpassung an alte, mehr oder minder dem Abbruch entgegenreifender Brücken beschweren sollte. Beim Entwurf Gaber erfolgt die Überbrückung des Rheines durch einen schlanken, vollwandigen Bogenträger mit Zugband von 272,4 m Stützweite. Die beiden Enden sind zur Überbrückung von Straßen als Kragträger mit 45,8 m Länge auf der Ludwigshafener und 27,5 m auf der Mannheimer Seite ausgebildet. Der Hauptträgerabstand beträgt 12 m und die Pfeilhöhe des Bogens über dem Zugband 28,6 m. Sowohl die mit nur 4 m im Scheitel bemessene Bogenhöhe wie auch die sonstige Schlankheit des Bogens dürften bezüglich der Knicksicherheit einer genauen statischen Durchrechnung kaum standhalten.

Als neue Erscheinung des Brückenbaues sind die in den letzten Jahren zur Ausführung gekommenen weitgespannten vollwandigen Blechträgerbrücken mit kastenförmigen Querschnittsausbildungen der Hauptträger aufzufassen. Die Friedrich-Ebert-Brücke in Mannheim dürfte hier bahnbrechend gewirkt haben. In schöner schlanker Form überspannt diese als Gerberscher Gelenkträger den Neckar.

Bei dem Skizzenwettbewerb der Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim lag es nahe, die Anwendung eines mehrwandigen Blechträgers auch in der Ausführung als Eisenbahnbrücke vorzuschlagen. Von den verschiedenen eingereichten Entwürfen dieser Art wurde der des Zivilingenieur Bruno Schulz in Berlin-Grunewald angekauft (Abb. 14). Als durchlaufender doppelwandiger Blechträger überspannt er den Rhein in drei Öffnungen von je 91,3 m Stützweite bei 10,2 m Hauptträgerabstand und 4,2 m kleinster und über den Stützpunkten mit 5,7 m größter Trägerhöhe. Durch die vollwandige Anordnung und die verhältnismäßig geringe Höhe dieser Träger werden die Hauptträger der alten Brücke nur wenig verdeckt, so daß auch hier die Bedingung des Ausschreibens bezüglich der Sichtbarkeit der letzteren erfüllt ist. Bei dem angegebenen Hauptträgerabstand ist das auf der Brücke beschäftigte Bahnpersonal noch gesichert, da es möglich ist, während des Zugverkehrs neben den Hauptträgern ungefährdet zu stehen. Der außerhalb des Hauptträgers liegende vorgeschlagene Fußweg könnte entfallen oder müßte doch so hoch angebracht werden, daß von ihm aus die Fahrbahntafel bei Dienstbegängen leicht überblickt werden kann. Zweifelhaft erscheint es jedoch, ob bei der vorgeschlagenen Ausführung der Brücke die Durchbiegungen der Hauptträger noch innerhalb statthafter Grenzen liegen.

Außer den besprochenen durch Preise oder Ankäufe ausgezeichneten Entwürfen war unter den eingereichten 135 noch manch guter enthalten, der wegen der eng gezogenen Grenzen für die auszuzeichnenden Pläne die ihm gebührende Anerkennung nicht finden konnte. Eine Besprechung auch dieser Entwürfe würde zu weit führen.

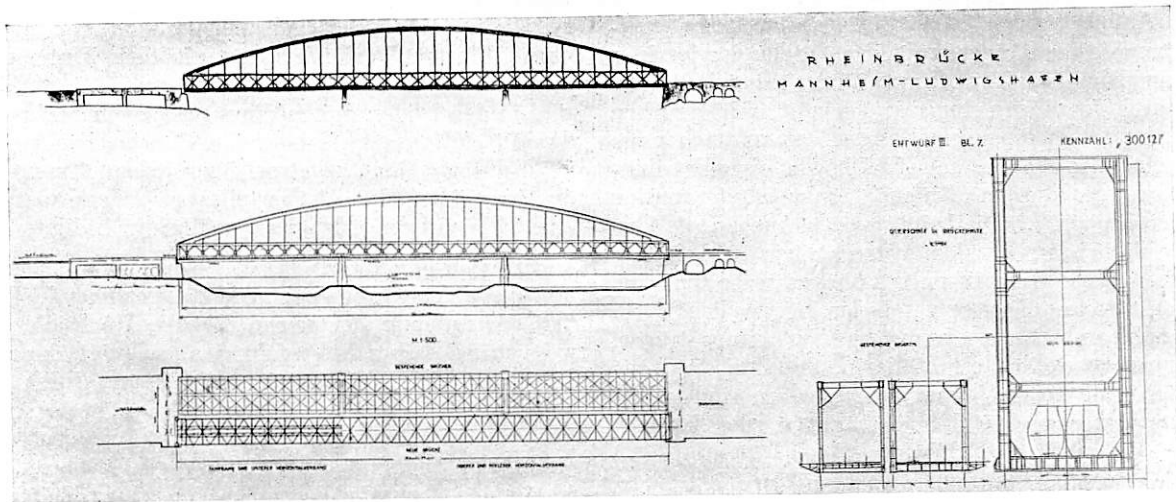


Abb. 9. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. III. Preis. Verfasser: siehe Abb. 8.

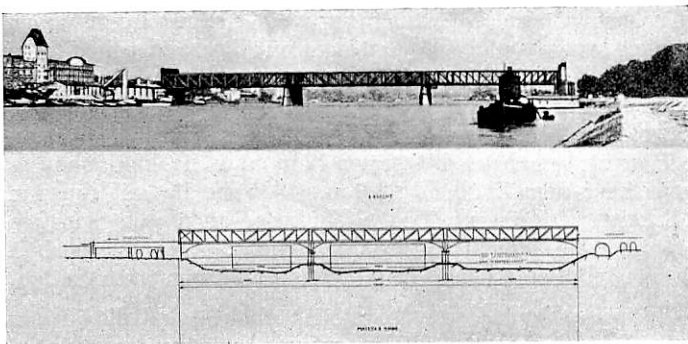


Abb. 10. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. IV. Preis. Verfasser: Dipl. Ing. Max Haaf, Mannheim-Neustheim. Mitarbeiter: Architekt Wilhelm Vorholz, Ludwigshafen a. Rh.

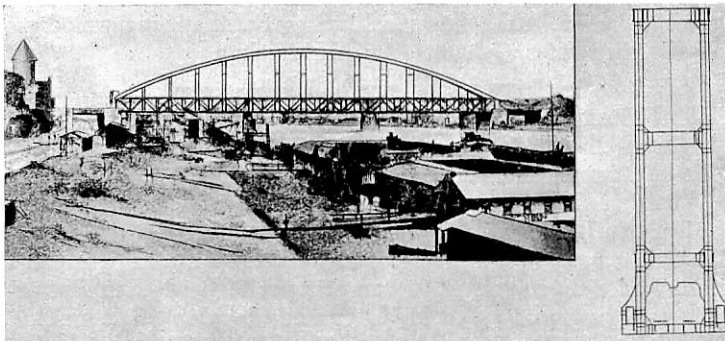


Abb. 11. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 1000 R.M. Verfasser: Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen. Architekt: Prof. German Bestelmeyer, München.

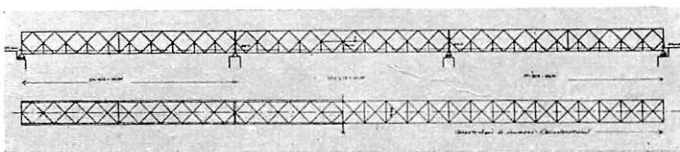


Abb. 12. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 1000 R.M. Verfasser: Prof. Dr. Ing. Maier-Leibnitz, Stuttgart. Architekt: Regierungsbaumeister Alfred Daiber, Stuttgart.

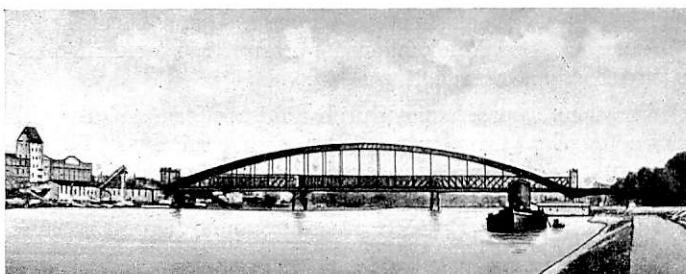


Abb. 13. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 500 R.M. Verfasser: Prof. Dr. Ing. Gaber, Karlsruhe in Verbindung mit Architekt Esch, Mannheim und H. Honnef, Dinglingen.

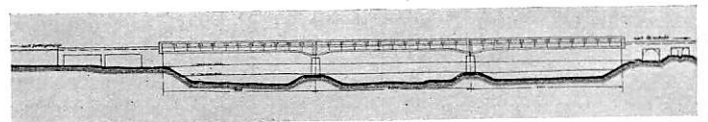


Abb. 14. Rheinbrücke bei Ludwigshafen. Ankauf 500 R.M. Verfasser: Bruno Schulz, Berlin-Grünwald in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistratsoberbaurat, Berlin-Wilmersdorf, als Architekt.



Abb. 15. Rheinbrücke bei Speyer. I. Preis. Verfasser: Baurat Dr. Ing. Friedrich Voß, Kiel, unter Mitwirkung von Landesbaurat Klatt, Kiel.

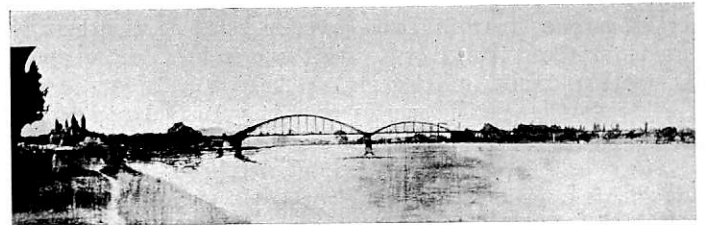


Abb. 16. Rheinbrücke bei Speyer. II. Preis. Verfasser: Architekt BDA Karl Rotermund, Bremen. Ingenieure: Richard Muhr, Paul Köpke, Reinhold Balcke, Walter Hannemann.

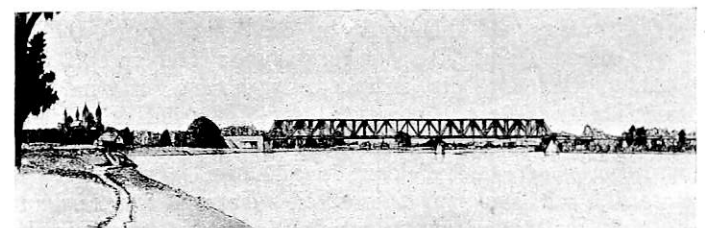


Abb. 17. Rheinbrücke bei Speyer. III. Preis. Verfasser: Beuchelt & Co., Grünberg (Schlesien).

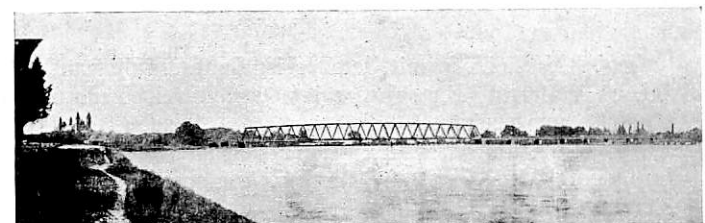


Abb. 18. Rheinbrücke bei Speyer. IV. Preis. Verfasser: Dr. Ing. Georg Müller, Regierungsbaumeister, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Lankwitz.

II. Die Rheinbrücke bei Speyer.

Während für die Rheinbrücke Ludwigshafen-Mannheim örtliche Schwierigkeiten, so die auf beiden Ufern vorhandenen, zu der Brückenfahrbahn stark ansteigenden Rampen, ferner die zur Verfügung stehende geringe Konstruktionshöhe der Fahrbahnplatte, sowie die Rücksichten auf die Überbauten der alten Brücke die Entwurfsarbeiten erschwerten, liegt bei der Speyer-Rheinbrücke der Schwerpunkt der Entwurfsbearbeitung in einer Einfügung der neuen Brücke in das vom alten Kaiserdom beherrschte Landschaftsbild.

Fraglos kann aber hier auch ein „zu viel“ der Unterordnung schädlich sein, zumal wenn man in Erwägung zieht, daß in einer neuzeitlichen Stahlbrücke auch ein Bauwerk, für Jahrhunderte geschaffen, erblickt werden kann. Es wäre daher gänzlich verfehlt, wenn der Ansicht Raum gegeben werden sollte, die neue Rheinbrücke müsse vor dem alten Dome zur Bedeutungslosigkeit herabsinken. Es können ohne gegenseitige Einbuße zwei formvollendete Bauwerke im gleichen Gesichtsfeldbegrenztem Raume stehen!

Der mit dem ersten Preise für die Brücke bei Speyer ausgezeichnete Entwurf des Baurats Dr. Voß in Kiel sieht für die Stromüberbauten zwei vollwandige Bogenträger mit Zugband von $160,5 + 106,4$ m Stützweite vor (Abb. 15). Der Hauptträgerabstand bei der Straßenbrücke beträgt 9,5 und bei der Bahnbrücke 8 m. Die Pfeilhöhe der Bogen über dem Zugband beträgt 21,4 bzw. 13,3 m. Die Flutüberbauten sind aus einwandigen Blechträgern von je 33,7 m Stützweite mit einer Stehblechhöhe in der Mitte der Öffnungen von 2,5 und an den Auflagen von 3 m Höhe gebildet. Ob es ästhetisch richtig ist, für die beiden vollwandigen Bogenträger der Stromüberbauten das gleiche Motiv in verschiedenem Maßstabe zu wiederholen, dürfte keine ungeteilte Zustimmung finden, doch sind Linienführung und die technische Ausführung des Entwurfes sehr befriedigend.

Das dem Architekten Karl Rotermund in Bremen in Gemeinschaft mit den Ingenieuren Muhr, Köpke, Balcke und Hannemann mit dem 2. Preis ausgezeichnete Bauwerk ähnelt in der Ausführung stark der mit dem ersten Preise ausgezeichneten Brücke (Abb. 16) und es dürfte hier wohl die Frage berechtigt sein, ob es nicht richtiger gewesen wäre, statt zwei Brücken gleichen Brückensystems zu prämiieren auch ein anderes Brückensystem, das die gestellten Anforderungen einwandfrei erfüllt, auszuzeichnen?

Die Firma Beuchelt in Grünberg hatte für die Stromüberbauten durchlaufende Parallelfachwerkträger mit Stützweiten von $161,6 + 107,0$ m ausgearbeitet (Abb. 17). Als Ausfachung dient ein Strebenfachwerk mit Hilfspfosten. Die Systemhöhe der Träger beträgt 16 m. Die Flutbrücken sind auch hier durchlaufende vollwandige Blechträger. Der schlichte, ruhige Eindruck der Brücke berechtigte die Zustellung des dritten Preises für diesen Entwurf.

Der vierte Preis wurde dem Dr. Georg Müller, Privatdozent an der Technischen Hochschule Berlin, für seinen Entwurf zuerkannt (Abb. 18). Für die Stromüberbauten sieht dieser einen durchlaufenden Fachwerkträger, symmetrisch zu den beiden Uferpfeilern mit schwach gekrümmtem Obergurt vor. Die Stützweiten betragen $162,5 + 107,1$ m. Ohne Rücksichtnahme auf die Pfeilerstellung ist dem Fachwerkträger in der Mitte zwischen den Uferpfeilern eine Systemhöhe von 17,5 m und an den Auflagen von 13 m erteilt. Zur Ausfachung dient ein Strebenfachwerk ohne Pfosten. Als Flutüberbauten dienen auch hier durchlaufende Blechträger von 30 m Stützweite. Durch die einheitliche Zusammenfassung der beiden Stromöffnungen und die ruhige Linienführung ist hier ein guter Eindruck des Entwurfes erzielt worden.

Ein diesem Entwurf ähnlicher wurde durch Ankauf von 1000 *ℛℳ* der MAN Werk Gustavsborg ausgezeichnet (Abb. 19).

Ebenfalls mit 1000 *ℛℳ* angekauft wurde der Entwurf von Bruno Schulz, Berlin-Grünwald: Ein Bogenträger mit einem biegefesten Zugbalken (Abb. 20). Die Stützweiten der Stromüberbauten betragen $161,5 + 105$ m, wobei Bogen und Zugbalken durch Pfosten steif miteinander verbunden, die Biegemomente gemeinsam aufnehmen sollen. Weitere Ankäufe zu 500 *ℛℳ* wurden betätigt für einen Entwurf der Firma Harkort in Duisburg und für zwei weitere, von denen der eine von dem Zivilingenieur Dr. Kirchhoff in Berlin und der andere von dem Oberbaurat Alexander Brauer in Berlin eingereicht wurde.

Ein aus dem Rahmen üblicher Ausführungen fallender Entwurf wurde von dem Dipl.-Ing. Leibbrand in Stuttgart durch Ankauf mit 500 *ℛℳ* erstanden (Abb. 21). Die Haupt- und Nebenöffnungen dieser Brücke werden mittels durchlaufender Balkenträger gebildet, die aus hochkant stehenden, miteinander vernieteten breitflanschigen Walzträgern bestehen. Durch die Einspannung dieser Träger in das Pfeiler- und Widerlagermauerwerk verschieben sich die statischen Wendepunkte der Biegelinie möglichst weit nach der Mitte der Hauptöffnung, so daß das zwischen den Wendepunkten liegende Mittelstück der Träger verhältnismäßig kurz ausfällt. In der trotz mangelhafter Durcharbeitung des Entwurfes zum Ausdruck gebrachten Theorie ist ein im Stahlbrückenbau nicht üblicher Weg angedeutet, der erfahrenen Brückeningenieuren die Möglichkeit bieten könnte, größere Stützweiten vorteilhaft zu überbrücken.

III. Die Rheinbrücke bei Maxau.

Die für die Brücke bei Maxau vorgesehene Baustelle stellt keine Anforderungen bezüglich besonderer Verhältnisse, die im Skizzenwettbewerb für die Brückengestaltung als ausschlaggebend zu berücksichtigen wären.

Der Firma Louis Eilers in Hannover-Herrenhausen wurde für ihren Entwurf, ein durchlaufender Blechträger ohne Gelenke mit drei Öffnungen von $31,6 + 180,8 + 79$ m, von denen die Hauptöffnung als Bogenträger mit Zugband ausgebildet ist, der erste Preis zuerkannt (Abb. 22). Der Bogen hat eine Pfeilhöhe von 24 m über dem Zugband. In jedem Knotenpunkte der Bogenbrücke ist ein Vollrahmen vorgesehen, wodurch sich ein oberer Verband zwischen den Hauptträgern erübrigt. Der mit großer künstlerischer Freiheit durchgeführten architektonischen Gestaltung des Entwurfes dürfte ein nicht unwesentlicher Teil des erzielten Erfolges zuzuschreiben sein.

Der mit dem zweiten Preis ausgezeichnete, von den Regierungsbauräten Berndt und Klein in München bearbeitete Entwurf zeigt eine gute brückentechnische Lösung der gestellten Aufgabe (Abb. 23). Ein die Hauptöffnung überspannender, vollwandiger Bogenträger von 182 m Stützweite mit Zugband ist mittels Kragarmen mit den unter der Fahrbahn liegenden Blechträgern der Seitenöffnungen verbunden. Der Bogen Scheitel der Hauptöffnung liegt 24,5 m über dem Zugband. Die Stehblechhöhe des eingehängten Blechträgers beträgt 3,6 und seine Stützweite 41,0 m. Der Abstand der Hauptträger ist bei der Bahnbrücke mit 9,8 und bei der Straßenbrücke mit 10,2 m bemessen.

Der dritte Preis wurde dem nachfolgend beschriebenen, von der MAN Werk Gustavsborg bearbeiteten Entwurf erteilt (Abb. 24 und 25). Ein Parallelfachwerk von 16,5 m Systemhöhe, dessen Ausfachung als Strebenfachwerk ohne Pfosten gebildet ist, überspannt die 176 m Stützweite betragende Pfeilerstellung der Hauptöffnung und schießt mit einer Auskragung von 28 m in den 99 m betragenden Pfeilerabstand der Seitenöffnung über, so daß sich für den hier eingehängten Träger der Seitenöffnung eine Stützweite von 71 m ergibt. Die Abstände der Hauptträger bei Eisenbahn- und Straßenbrücken betragen 9,6 und 10 m. Der Entwurf ist eine un-

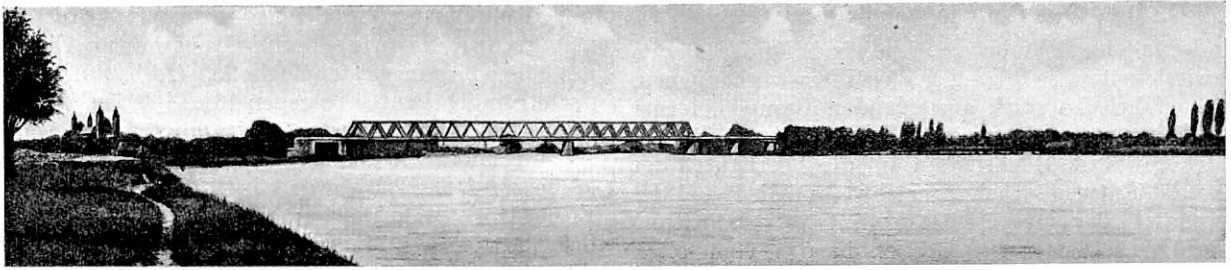


Abb. 19. Rheinbrücke bei Speyer. Ankauf 1000 *R.M.* Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz; Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim; Künstlerischer Berater: Baudirektor Abel, Köln.



Abb. 21. Rheinbrücke bei Speyer. Ankauf 500 *R.M.* Verfasser: K. E. Leibbrand, Dipl.-Ing., Stuttgart.

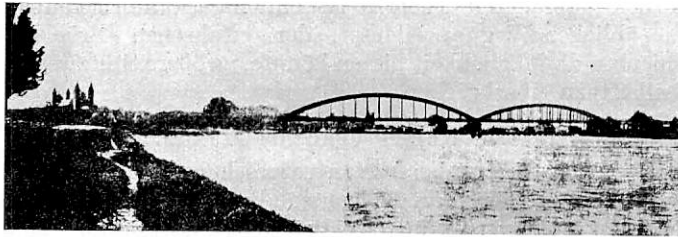


Abb. 20. Rheinbrücke bei Speyer. Ankauf 1000 *R.M.* Verfasser: Bruno, Schulz, Berlin-Grünwald in Verbindung mit Walter Straßmann, Magistrats-Oberbaurat, Berlin-Wilmersdorf.

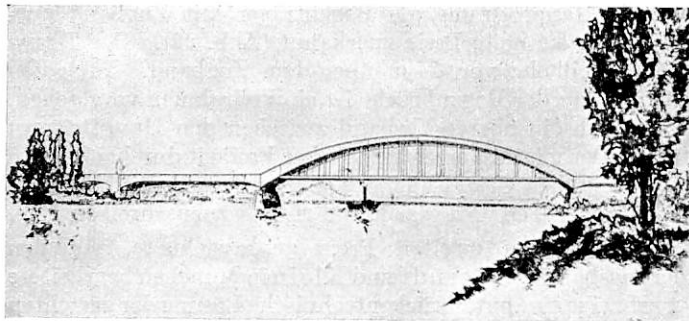


Abb. 22. Rheinbrücke bei Maxau. I. Preis. Verfasser: Louis Eilers, Hannover-Herrenhausen. Architekt: Prof. Dr. German Bestelmeyer, München.

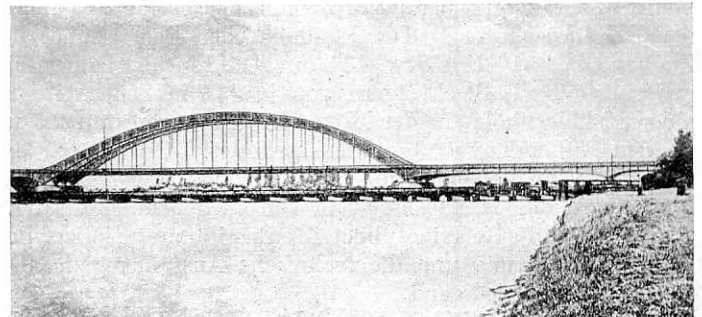


Abb. 23. Rheinbrücke bei Maxau. II. Preis. Verfasser: Regierungsbaurat Berndt als Architekt und Regierungsbaurat Klein als Ingenieur, München.

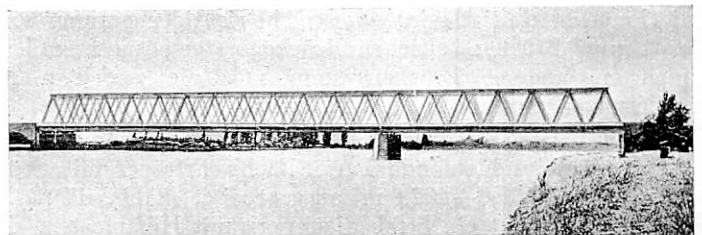


Abb. 24. Rheinbrücke bei Maxau. III. Preis. Verfasser: Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., Werk Gustavsburg, Gustavsburg bei Mainz; Grün & Bilfinger A.-G., Mannheim; Künstlerischer Berater: Baudirektor Abel, Köln.

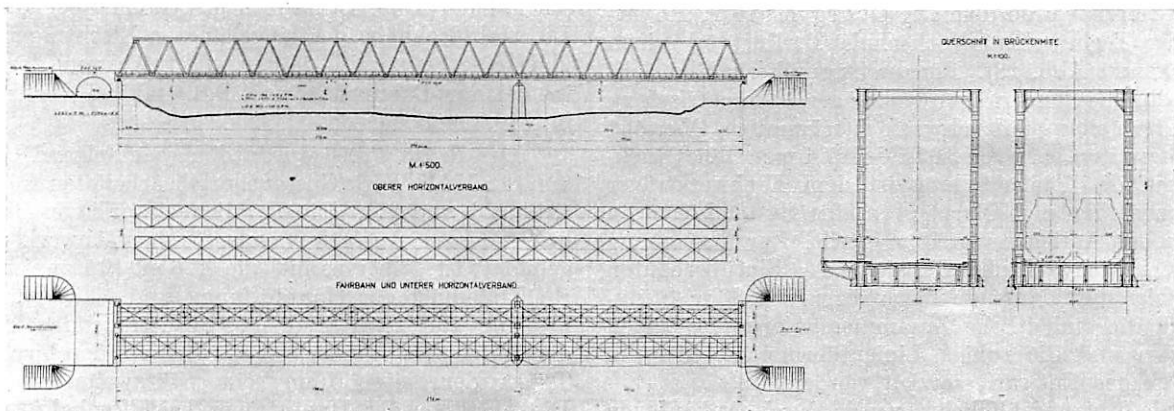


Abb. 25. Rheinbrücke bei Maxau. III. Preis. Verfasser: siehe Abb. 24.

gezwungene, einfache natürliche Lösung der Überbrückung des Rheines bei Maxau, bei der die Pfeilerstellung zur Bedeutungslosigkeit herabgedrückt ist. Von den preisgekrönten und angekauften Entwürfen paßt er am besten in den landschaftlichen Charakter der Gegend; die Durcharbeitung des Entwurfes dürfte ihn auch als sehr wirtschaftlich erweisen.

Der mit dem vierten Preis ausgezeichnete Entwurf der Siemens Bau-Union G. m. b. H. in Berlin-Siemensstadt zeigt große Ähnlichkeit mit dem vorbesprochenen Entwurfe, ohne ihm jedoch ganz gleich zu kommen (Abb. 26).

Unter den weiteren Entwürfen ist der von der Firma B. Seibert in Aschaffenburg mit 1000 *R.M.* angekaufte eine gute Leistung (Abb. 27). Ein vollwandiger Bogenträger von 180,8 m Stützweite mit Zugband in der Hauptöffnung und ein 51,7 m weit gestützter doppelwandiger Blechträger von 3,5 m

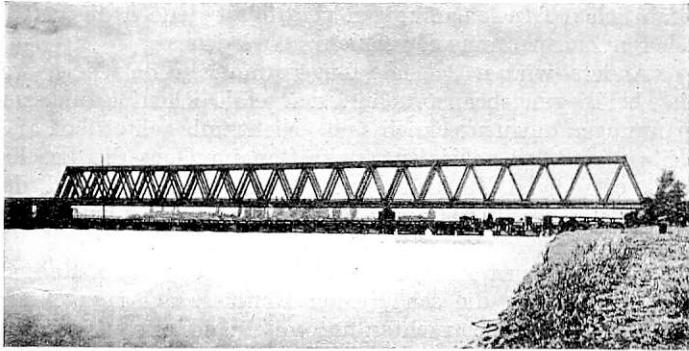


Abb. 26. Rheinbrücke bei Maxau. IV. Preis. Verfasser: Siemens-Bauunion G. m. b. H. Berlin-Siemensstadt, Dipl.-Ing. Friedrich Rottmayer, Architekt BDA, Berlin-Charlottenburg.

Stehblechhöhe, der auf der einen Seite auf einem 25,5 m langen Tragarm des Bogenträgers ruht, in der Nebenöffnung, sind die Kennzeichen dieses Entwurfes. Der Bogenträger hat 23,85 m Pfeilhöhe über dem Zugband.

Auch die mit je 500 *R.M.* angekauften Bearbeitungen von Entwürfen von Ludwig Schmidt in Heidelberg, Hein-Lehmann & Co. A.-G. in Düsseldorf, Flender A.-G. in Benrath sind durchwegs gute Leistungen.

Schlußbetrachtung.

Wenn man früher in Deutschland den Bau großer Brücken einem Wettbewerb unterstellte, so konnten die dabei zu erfüllenden Bedingungen nur durch gründliche praktische und tiefeschürfende theoretische Erfahrungen erfüllt werden. Im allgemeinen waren es nur wenige, die in diesem Kampfe gleichwertige Geistes Waffen miteinander kreuzten. Für die Bewertung der eingereichten Entwürfe waren aber auch alsdann den Preisrichtern ausführliche statische und konstruktive Bearbeitungen in die Hand gegeben. Gegen diese Art des Wettbewerbes mag einwendbar sein, daß tüchtige Ingenieure, die nicht über ein großes Büro verfügten, sich an solchen Wett-

bewerben kaum beteiligen konnten. Es ist möglich, daß hierdurch dem Fortschritt im Brückenbau schon manch wertvolle Idee verloren gegangen ist. Es war daher ein anzuerkennender, sehr wohl begründeter Entschluß der Reichsbahnverwaltung, daß sie für den geplanten gleichzeitigen Bau von drei neuen Rheinbrücken jedem, der über das geistige Rüstzeug zu verfügen glaubte, das Tor öffnete, um mit seinen Ideen gleichberechtigt mit den sonst um die Siegespalme antretenden Firmen zu kämpfen. Leider muß festgestellt werden, daß die erhoffte, große Ausbeute des Skizzenwettbewerbes nur gering ist. Ein Nachteil ist es für die Bewertung der Entwürfe, daß keinerlei statische Nachweisungen oder konstruktive Ausarbeitungen, weil im Ausschreiben nicht gefordert, eingereicht wurden. Es war hierdurch das Preisgericht gezwungen, verschiedentlich erst durch überschlägliche Berechnungen offen-

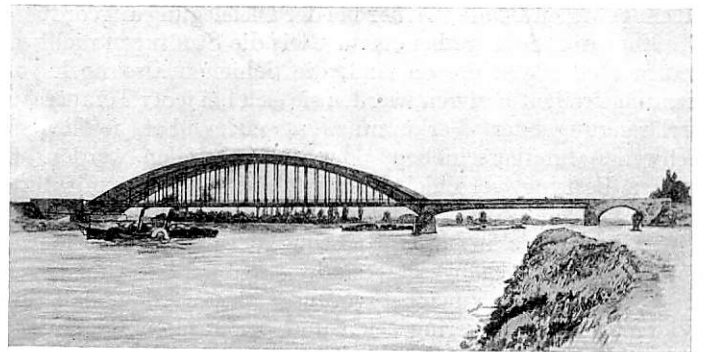


Abb. 27. Rheinbrücke bei Maxau. Ankauf 1000 *R.M.* Verfasser: Seibert G. m. b. H., Eisenhoch- und Brückenbau, Aschaffenburg.

sichtliche Unwahrscheinlichkeiten mancher Entwürfe festzustellen. Ein weiterer großer Mangel des Wettbewerbes war das Fehlen von Kostenaufstellungen, die doch bei einem Brückenbau geplanter Art schwer in die Wagschale fallen. Wenn nunmehr nach Abschluß des Skizzenwettbewerbes für die Brücken bei Ludwigshafen, Speyer und Maxau der für die geplanten Brücken geeignetste Entwurf bestimmt werden soll, kann dies nur so geschehen, daß die im Wettbewerb gewonnenen oder für geeignet gehaltenen Entwürfe rechnerisch und konstruktiv durchgearbeitet und die Kosten unter Berücksichtigung aller Haupt- und Nebenumstände ermittelt werden. Es wird also der Skizzenwettbewerb nur damit enden können, daß das bei früheren Wettbewerben geübte Verfahren nachträglich durchgeführt wird. Jedenfalls wurde aber durch den Skizzenwettbewerb festgestellt, daß nur bereits bekannte Brückensysteme sich als brauchbar erwiesen. Es kann daher künftig ohne Besorgnis eines geistigen Verlustes für die Nachwelt zu dem früheren Verfahren der Wettbewerbe zurückgekehrt werden.

Der Fortschritt im Brückenbau fußt nicht in der Zahl, sondern in der Güte der eingereichten Entwürfe.

Langschienen und Stoßfugen.

Von Reg.-Baumeister a. D. **Wattmann**, Direktor der Elektro-Thermit, G. m. b. H., Berlin-Tempelhof.

Nachdem die Reichsbahn im vergangenen Jahr in ihren Hauptgleisen in großem Umfang 30 m lange Schienen eingebaut hat, ist damit ein bisher als unantastbar aufrecht erhaltener Grundsatz der Lehre vom Eisenbahnbau preisgegeben, nämlich die Forderung, daß alle Schienen durch die Anordnung entsprechend großer Stoßlücken freier Spielraum zur Temperaturausdehnung und Zusammenziehung (man könnte es als Atmungsfreiheit bezeichnen) gelassen werden müsse.

Die bisherige Regellänge der Schienen betrug 15 m. In unserem mitteldeutschen Klima kann man annehmen, daß die höchste Temperatur, welche Schienen auch bei stärkster

Sonnenbestrahlung erreichen können, +55°C nicht übersteigen, die niedrigste Temperatur—25°C nicht unterschreiten wird. Das Temperaturspiel unseres Klimas ist also mit $55 + 25 = 80^\circ \text{C}$ anzusetzen. Dem entspricht eine Temperaturverlängerung jeder Schiene (bei einer Temperaturausdehnungszahl für Stahl von 0,000011) von $80 \times 15 \times 0,000011 = 0,013 \text{ mm}$. Das bleibt um wenig hinter der heute üblichen, durch das Bolzenspiel in Laschen- und Schienenlöchern bedingten Auszugsweite des Stoßes. Bei den bisherigen Grundsätzen war es untunlich, wesentlich über eine Schienenlänge von 15 m hinauszugehen, da man dann entsprechend größere Stoßlücken

hätte hinnehmen müssen. Das ist aber aus naheliegenden Gründen, die in der Unterhaltung der Gleise und der Betriebsmittel liegen, nicht angängig, und es konnte deshalb die Reichsbahn den bisherigen Grundsatz der vollen Atmungs-freiheit der Schienen nicht aufrecht erhalten, als sie zur 30 m-Schiene übergang. Auch bei dieser neuen Schienen-länge ist der bisherige größte Stoßauszug beibehalten, aber dadurch ist bedingt, daß achsiale Zug- und Druck-spannungen in das Gleis kommen, weil bereits vor Er-reichung der möglichen Höchsttemperatur die Stoßfugen sich schließen und vor Erreichung der tiefsten Temperatur der größte Laschenauszug eintritt. Die überschießenden Temperaturen nach oben und unten müssen, da sie sich in Längenänderungen nicht auswirken können, in Druck- und Zugspannungen umgesetzt werden. Wie groß diese sind, hängt, wie später noch genauer erläutert werden wird, bis zu einem gewissen Grade von der bei der Gleislegung angeordneten Stoßfuge ab. Solange bei einem Gleis die Stoßfugen nicht voll geöffnet oder geschlossen sind, die Schienen also noch volle Atmungsfreiheit besitzen, werden sie sich bei jeder Temperatur-verlängerung oder -Verkürzung entweder über festliegende Schwellen hinüberschieben, oder die Schwellen werden sich in der Bettung verschieben, wenn die Schienen mit ihnen sehr fest verschraubt sind. In beiden Fällen entstehen Reibungs-widerstände, die in ihrer Richtung der Bewegungsrichtung der Schiene entgegengesetzt sind.

Es möge nun zunächst vorausgesetzt werden, daß diese Widerstandskräfte gering seien und bei unseren Rechnungen vernachlässigt werden können, so daß also die Schienen so lange widerstandslos Atmungsfreiheit besitzen, als die Stoß-fugen nicht voll geöffnet oder geschlossen sind. Unter dieser Voraussetzung dehnt sich die Schiene proportional der Temperaturänderung t aus und es ist, wenn l die Schienen-länge bedeutet: die Dehnung $\lambda = 0,000011 t$. Ist die größt-mögliche Stoßlücke e (die durch den Spielraum der Laschen-bolzen in Schiene und Laschenlöchern bedingt ist), so folgt hieraus der Temperaturspielraum t , innerhalb dessen die Schiene Atmungsfreiheit hat, mit $t = \frac{e}{0,000011 l} = \frac{91000 \cdot e}{l}$.

Für eine 30 m-Schiene mit 13 mm Stoßlücke wird hiernach $t = 39^\circ \text{C}$, und es müssen daher bei einem klimatischen Temperaturspiel von 80°C die restlichen 41°C sich in Druck- und Zugspannungen umsetzen. Es kann als bekannt voraus-gesetzt werden (vergl. den Aufsatz des Verfassers in Heft 10 dieser Zeitschrift vom 15. Mai 1928), daß in einer fest ein-gespannten Schiene jede Temperaturänderung von 1°C sich in eine Spannung von $\sigma = E \cdot \beta = 24 \text{ kg/cm}^2$ umsetzt ($E =$ Elastizitätszahl, $\beta =$ Temperaturlängenänderungszahl), so daß in unseren 30 m-Schienen die höchstmögliche Druck-spannung und die höchstmögliche Zugspannung zusammen $41 \cdot 24 = 984 \text{ kg/cm}^2$ betragen muß. Wieviel hiervon auf Zug- und wieviel auf Druckspannung entfällt, hängt von der bei der Gleislegung vorhandenen Temperatur, die wir als Verlegungs-temperatur und von der dabei angeordneten Stoßlücken-weite, die wir als Verlegungslücke bezeichnen wollen, ab. Ordnet man beispielsweise in einem 30 m-Schienen-gleis bei $+10^\circ \text{C}$ Stoßlücken von 10 mm an, so würden sich diese, da die Temperaturänderung von 1°C einer Längenänderung der Schiene von 0,33 mm entspricht, bei einer Erwärmung um $\frac{10}{0,33} = 30^\circ$, also bei einer Schienentemperatur von 40° schließen.

Bei einer etwaigen weiteren Erwärmung von 40 bis 55° , also um 15°C , würde die Schiene eine Druckspannung von $15 \cdot 24 = 360 \text{ kg/cm}^2$ erhalten. Bei einer Abkühlung der Schiene nach der Verlegung könnte sich die Lücke noch um 3 mm vergrößern, was einem Temperaturabfall von $\frac{3}{0,33} = 9^\circ$, also

einer Schienentemperatur von $+1^\circ$ entspricht. Bei einer weiteren Temperaturerniedrigung bis auf -25° , also um 26° würde eine Zugspannung von $26 \cdot 24 = 624 \text{ kg/cm}^2$ eintreten. Die max. Zugspannung + der max. Druckspannung ist also $= 624 + 360 = 984 \text{ kg/cm}^2$, wie vorher berechnet.

Es ist nun eine noch kaum erörterte und noch weniger geklärte Frage, wie die Schädlichkeit achsialer Druck- oder Zugspannungen für das Schienengestänge zu beurteilen ist, oder, was auf das Gleiche herauskommt, wie man bei der durch die jeweiligen Verhältnisse gegebenen Summe der größten Druck- und Zugspannungen am richtigsten das Verhältnis dieser beider Spannungen wählen soll. Bei achsialen Druck-spannungen besteht die Möglichkeit der Gleisverwerfung, sobald die Schienenbettung nachgibt und zur Seite geschoben wird. Dagegen besteht keine vergrößerte Gefahr des Schienen-bruches durch Biegungsspannungen, weil dabei nur die weniger gefährlichen Druckspannungen vergrößert, jedoch die gefähr-licheren Zugspannungen verkleinert werden.

Anders wirken achsiale Zugspannungen im Gleis, weil diese bei Biegungsbeanspruchung den gefährlichen Biegungszug-spannungen hinzuzurechnen sind. Nicht unbeachtet darf auch bleiben, daß bei achsialen Zugkräften im Gleis die Laschen recht erhebliche Zugkräfte zu übertragen haben und daß die Gefahr des Krummbiegens und Abscherens der Bolzen vorliegt.

Es würde zu weit führen und fällt auch aus dem Rahmen dieses Aufsatzes, die schädlichen Einflüsse achsialer Kräfte im Gleis näher zu betrachten und miteinander zu vergleichen. Vorerst kann man wohl, da Erfahrungen in dieser Richtung noch vollkommen fehlen, achsiale Druck- und Zugkräfte als gleich schädlich betrachten und demzufolge die Einrichtung der Stoßlücken so vornehmen, daß die höchstmöglichen achsialen Druck- und Zugkräfte im Schienengestänge einander gleich werden. Kommen wir wieder auf das früher gewählte Beispiel der 30 m-Schiene bei 13 mm Stoßauszug zurück, so folgt, daß man bei gleicher Verteilung der achsialen Kräfte auf Druck und Zug mit $\frac{984}{2} = 492 \text{ kg/cm}^2$ größten Druck- und ebensolcher größten Zugspannungen in der Schiene rechnen muß. Die Temperaturänderung, die 492 kg/cm^2 -Spannung im fest eingespannten Stab entspricht, ist $\frac{492}{24} = 20,5^\circ$, was besagen

würde, daß bei $55 - 20,5 = +34,5^\circ$ die Stoßfugen sich schließen und bei $25 - 20,5 = -4,5^\circ$ sich auf ihre größte Weite von 13 mm öffnen. Innerhalb des Temperaturspielraumes von $-4,5$ bis $+34,5$ kann die Schiene ungehindert arbeiten. Stellt man nun die Forderung, daß die höchste und die niedrigste achsiale Spannung $\pm 492 \text{ kg/cm}^2$ unabhängig von der jeweiligen Ver-legungstemperatur nicht über- oder unterschritten werden soll, so ergibt sich eindeutig für jede Verlegungs-temperatur die Verlegungslücke derart, daß innerhalb des Verlegungsspielraumes von $-4,5^\circ$ bis $+34,5^\circ = 39^\circ$ und des Lückenspielraumes von 13 mm jedem Grad der Temperatur-änderung eine Lückenänderung von $\frac{13}{39} = 0,33 \text{ mm}$ entspricht.

Das ist die gleiche Längenänderung, die die Schiene bei freier Lagerung durch eine Temperaturänderung von 1° erfährt. In der nachfolgenden Übersicht 1 sind die Verlegungslücken, die den jeweiligen Verlegungstemperaturen entsprechen, zahlen-mäßig zusammengestellt. In den Temperaturzonen außerhalb des Verlegungsspielraumes, also über $+34,5$ und unter $-4,5^\circ$ darf die Verlegung von Schienen nicht stattfinden.

Besonders anschaulich lassen sich die Zusammenhänge zwischen Temperatur, Lückenweite und Schienenspannung auf zeichnerischem Wege darstellen, wenn man in zwei einander zugeordneten Linien in der einen die Lückenweiten, in der anderen die Spannungen als Ordinaten in Abhängigkeit von

Übersicht 1.

Verlegungslücken bei 30 m langen Schienen mit 13 mm Lückenspiel, wenn die höchst möglichen Druck- und Zugspannungen einander gleich sein sollen.

Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm	Temperatur °C	Lücke mm
Unter -4,5	*	+ 4 bis + 6	10	+ 15 bis + 17	6	+ 27 bis + 29	2
-4,5 bis -3	13	+ 7 bis + 9	9	+ 18 bis + 20	5	+ 30 bis + 32	1
+ 3 bis 0	12	+ 10 bis + 12	8	+ 21 bis + 23	4	+ 33 bis + 34,5	0
+ 1 bis + 3	11	+ 13 bis + 14	7	+ 24 bis + 26	3	über + 34,5	*

* Keine Verlegung.

der Temperatur als Abszissen auftreten läßt. In Abb. 1 sind diese beiden Linienzüge wiedergegeben, dabei kann man die Linie b c als zeichnerische Darstellung der oben gegebenen Lückentafel betrachten. Ist über die Länge der Schiene und über die Größe des Lückenspiels von vornherein Bestimmung getroffen, so ist damit auch die Summe der Höchst- und Kleinstspannung gegeben; ihre Einzelgröße ist jedoch noch nicht eindeutig bestimmt, und man kann z. B. über eine der beiden noch Bestimmung treffen. So wäre es denkbar, daß mit Rücksicht auf die Beanspruchung der Laschen und Bolzen des Stoßes für die größte Zugbeanspruchung ein Höchstmaß festgesetzt wird. Es sei auch hierfür ein Zahlenbeispiel gegeben.

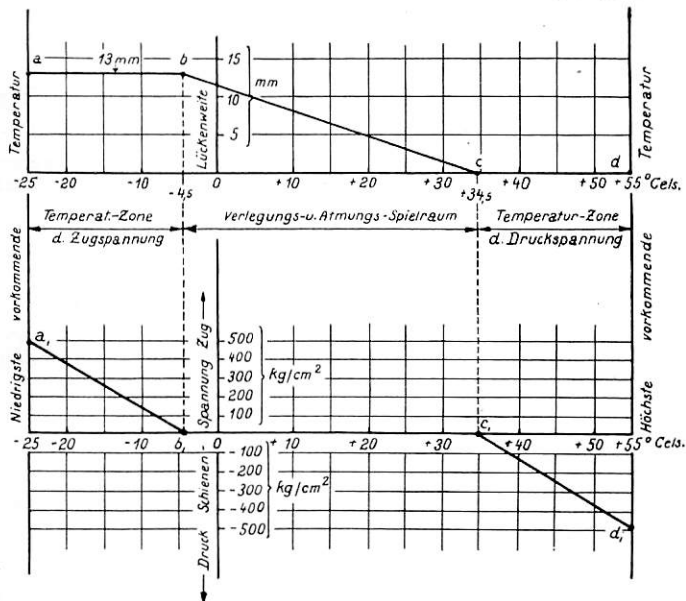


Abb. 1. Lückenweiten und Spannungen in einem Gleis mit 30 m langen Schienen und 13 mm Lückenspiel bei reibungsloser Schienenlagerung. Höchste Druck- und Zugspannungen einander gleich.

Es mögen 60 m lange Schienen mit 18 mm Lückenspiel vorausgesetzt werden und es sei gefordert, daß die größte Zugspannung 500 kg/cm^2 nicht überschreite. Diese Forderung bedingt, daß bei voll geöffneter Lücke und fallender Temperatur (wo also die Schiene ihre Länge nicht mehr ändern kann), der Temperaturrückgang t nur $\frac{500}{24} = 21^\circ$ betragen darf. Da die tiefste Temperatur -25° ist, so müßte bei -4° die Lücke voll geöffnet sein. Der Verlegungsspielraum beträgt $18 \times 6000 \times 0,000011 = 27,5^\circ \text{C}$ und reicht also von -4° bis $+23,5^\circ$.

Der Spannungsspielraum über $23,5$ ist bis zur Höchsttemperatur von $55^\circ = 31,5^\circ$ und entspricht einer Druckspannung von $31,5 \times 24 = 760 \text{ kg/qcm}$. Abb. 2 gibt in gleicher Anordnung wie Abb. 1 eine zeichnerische Darstellung der Lückenweiten und Spannungen. Für die Praxis wird ein Verlegungsspielraum von -4 bis $+23,5^\circ$ kaum genügen, da die dadurch bedingte

Hinderung des Baubetriebes doch außerordentlich groß ist! Will man die Möglichkeit haben, unter gleichen baulichen Voraussetzungen in bezug auf Schienenlänge und Lückenweite in weiteren Temperaturgrenzen zu verlegen, so kann dieses nur auf Kosten größerer Höchstspannungen geschehen. Wählt man beispielsweise als Verlegungsspielraum 0° bis $+35^\circ$, so würde einer Verlegung bei $+35^\circ$ und geschlossener Stoßlücke bei später sich ändernden Temperaturen ein Stoßlückenbild nach der Linie a e f d in Abb. 3 und ein Spannungsbild nach $a_1 e_1 f_1 d_2$ entsprechen. Wird dagegen an der anderen Grenze des Verlegungsspielraumes bei 0° und voll geöffneter Stoßlücke

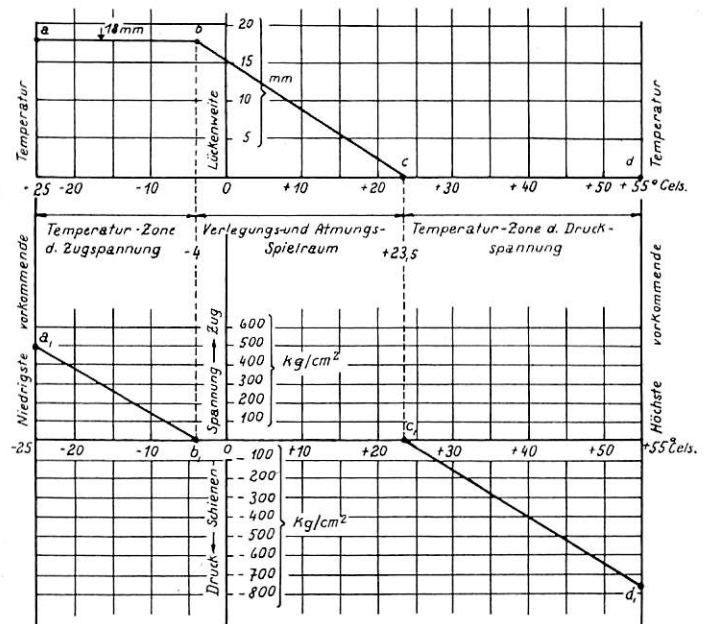


Abb. 2. Lückenweiten und Spannungen in einem Gleis mit 60 m langen Schienen und 18 mm Lückenspiel bei reibungsloser Schienenlagerung! Höchste Zugspannung 500 kg/cm^2 .

von 18 mm verlegt, so ergibt sich bei Temperaturänderungen eine Stoßlückenweite nach a b c d, die Spannungen folgen der Schaulinie $a_1 b_1 c_1 d_1$. Solange man die Weite der Stoßlücke zwischen den Linien b, c und e, f wählt (d. h. innerhalb der schraffierten Fläche), bleibt offenbar auch die Spannung in der Druckzone zwischen den Linien $c_1 d_1$ und $f_1 d_2$ und in der Zugzone zwischen $a_1 b_1$ und $a_2 e_1$ (schraffierte Flächen). Die höchstmöglichen Spannungen bei den Temperaturgrenzen -25 und $+55^\circ$ liegen bei a_2 mit $+780 \text{ kg/qcm}$ und bei d_1 mit $+660 \text{ kg/cm}^2$. Die Stoßlückenweite für die Verlegung folgt aus der Fläche b c e f, wobei in diesen Fällen innerhalb der Flächengrenzen eine willkürliche Wahl der Stoßlückenweiten vorgenommen werden kann. Die entsprechenden Zahlen sind in der nachfolgenden Übersicht 2 zusammengestellt.

Nachdem bei den bisherigen Betrachtungen vorausgesetzt war, daß die Reibung der Schiene auf den Schwellen oder der

Übersicht 2.

Verlegungslücken bei 60 m langen Schienen mit 18 mm Lückenspiel bei einem Verlegungsspielraum von 0 bis 35° C.

Temperatur ° C	Lücke mm	Temperatur ° C	Lücke mm	Temperatur ° C	Lücke mm
Unter 0	*	13 bis 15	9 bis 14	27 bis 29	0 bis 5
0 bis 1	18	15 bis 17	7 bis 13	29 bis 31	0 bis 3
1 bis 3	17 bis 18	17 bis 19	6 bis 11	31 bis 33	0 bis 2
3 bis 5	15 bis 18	19 bis 21	5 bis 7	33 bis 35	0
5 bis 7	14 bis 18	21 bis 23	4 bis 9	über 35	*
7 bis 9	12 bis 17	23 bis 25	2 bis 7		
11 bis 13	11 bis 16	25 bis 27	1 bis 6		

* Keine Verlegung

Widerstand der Schwellen in der Bettung gegen Querverschiebung vernachlässigt werden kann, soll nunmehr untersucht werden, welchen Einfluß diese Widerstände (von denen immer nur der kleinere in Erscheinung treten wird), auf die

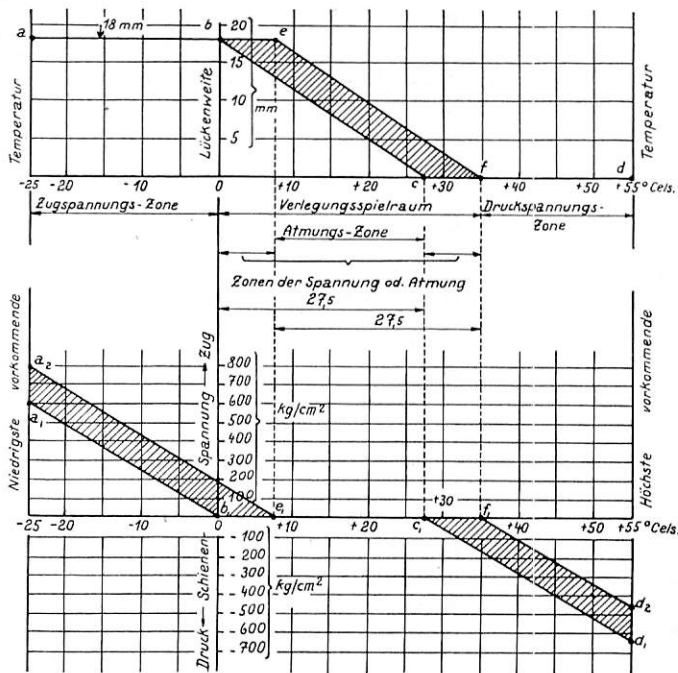


Abb. 3. Lückenweiten und Spannungen eines Gleises mit 60 m langen Schienen und 18 mm Lückenspiel bei reibungsloser Schienenlagerung und einem geforderten Verlegungsspielraum von 0 bis +35° C.

Längenänderungen und Spannungen der Schiene haben. Es sei ME eine Schienenhälfte von der Länge l und zwar sei M die feste Schienenmitte, E das bewegliche Schienenende. Bei jeder Längenänderung der Schiene muß entweder die Schiene über die Schwelle gleiten, oder die Schwellen kleben an der Schiene und wandern ihrerseits in der Bettung. In jedem Falle aber muß an jeder Schwelle, wo eine derartige Bewegung stattfindet, ein Reibungswiderstand auftreten, der sich als Widerstandskraft äußert, die der Bewegungsrichtung der Schiene entgegengesetzt ist. Es werde nun angenommen, daß an jeder Schwelle die gleiche Widerstandskraft der Bewegung auftritt, und es sei ferner für die Rechnung vorausgesetzt, daß diese in kurzen Entfernungen voneinander auftretenden gleichen Einzelkräfte durch eine kontinuierlich angreifende Widerstandskraft ersetzt werden kann. Im folgenden möge die Widerstandskraft in kg/m mit r bezeichnet werden, wobei es ohne Belang ist, ob diese Widerstandskraft durch Reibung der Schienen auf der Schwelle oder durch Reibung der Schwelle in der Bettung entsteht. Bei steigender oder fallender Temperatur wird nun die Schiene an denjenigen Stellen in Spannung geraten, wo die Reibungswiderstände

sie an einer Längenänderung hindern. An einem Punkte X im Abstand x vom Schienenende E ist die Summe dieser Reibungswiderstände $R = r \cdot x$, weil bei einer Ausdehnung oder Verkürzung der Schiene im Punkte X (z. B. wenn man dort die Schiene mit einer Lötlampe anwärmen wollte) das Schwanzende XE der Schiene sich bewegen müßte, und die auf dieser Strecke sich dadurch einstellenden Widerstandskräfte vorher zu überwinden wären. In der Schienenmitte ist $R = l \cdot r$ am größten. Je weiter X nach dem Schienenende zu liegt, desto kleiner ist R . Am Schienenende selbst wird $R = 0$. Wenn die Temperatur nun von der Verlegungstemperatur, wo die Schiene spannungslos ist, langsam ansteigt, muß demnach zunächst an dem Schwanzende der Schiene, wo R am kleinsten ist, die Längenänderung der Schiene beginnen. Während dieses Wachsens des Schwanzendes liegt der mittlere Teil der Schiene ruhig wie ein fest eingespannter Stab, und die Temperaturänderung setzt sich hier allein in Spannung um. Mit fortschreitendem Anstieg der Temperatur wird das dem Wachsen unterliegende Schwanzende immer größer, das ruhig liegende Mittelstück immer kleiner, bis endlich bei einer Temperatur $t = \frac{r \cdot l}{24}$ die Schienenmitte von der Bewegung

des Längenwachstums erreicht ist. Von da an dehnt sich die Schiene genau wie eine vollkommen freiliegende Schiene proportional ihrer Länge und der Temperaturänderung aus, während die Spannung in allen Teilen der Schiene konstant bleibt. Bei fallender Temperatur spielen sich die gleichen Vorgänge ab, nur umgekehrt, d. h. die Schiene verkürzt sich, wobei die gleichen Widerstandskräfte wie vorher nur in umgekehrtem Sinne auftreten. Wird die Ausdehnung der Schienenhälfte mit y bezeichnet und als Ordinate der Temperaturabszisse t aufgetragen, so muß nach dem vorstehenden die Kurve zunächst langsam, d. h. flach, sodann immer steiler ansteigen, bis sie bei der Temperatur t , von wo an y proportional t verläuft, in eine gerade Linie übergeht. Es soll nun die Längenänderungskurve y bestimmt werden. Nach der Zeit t möge die Schiene bis zum Punkte X im Abstand x vom Schienenende durch Ausdehnung oder Zusammenziehung in Bewegung geraten sein; dabei sei eine Spannkraft S am Punkte X in der Schiene entstanden, die einer Flächenspannung $\sigma = \frac{S}{F}$ entspricht (F = Querschnitt der Schiene). Die Spannkraft S muß dann gleich der Summe der Reibungswiderstände im Schwanzende $x \cdot l$ sein, als $\sigma F = r \cdot x$, oder, da bei einem eingespannten Stab $\sigma = E \beta t$ ist,

$$1) \quad \dots \dots \dots x = \frac{E \beta F t}{r}$$

Für $x = l$ folgt

$$2) \quad \dots \dots \dots t_m = \frac{r l}{E \beta F}$$

als diejenige Temperatur, bei der die Schienenmitte in Bewegung kommt. Bei einer Steigerung der Temperatur t um dt wird die Verlängerung der Schiene: $dy = x \beta dt$ oder durch Einsetzung des Wertes für x aus Gleichung 1).

$$3) \quad \dots \dots \dots \frac{dy}{dt} = \frac{E \beta^2 F}{r} t$$

Durch Integration dieser Gleichung ergibt sich:

$$4) \quad \dots \dots \dots y = \frac{E \beta^2 F}{2 r} t^2$$

als Gleichung der gesuchten Längenänderungskurve.

Ihrer Art nach ist die Kurve eine einfache Parabel.

Da $\frac{dy}{dt}$ für $t = 0$ ebenfalls gleich 0 wird (siehe Gleichung 3), so entwickelt sich die Kurve von 0-Punkt tangential aus der Horizontalen. Für $t = t_m$ wird die Neigung der Kurve

$$5) \dots \frac{dy}{dt} = \frac{E\beta^2 F}{r} \cdot \frac{rl}{E\beta F} = \beta l \text{ und ihre Ordinate}$$

$$6) \dots y_m = \frac{E\beta^2 F}{2r} \left(\frac{rl}{E\beta F} \right)^2 = \frac{rl^2}{2EF}$$

Hinter der Temperatur t_m geht die Kurve (wie bereits erwähnt) in eine gerade Linie über, deren Gleichung $y = l\beta t$ ist.

Durch Differentiation folgt $\frac{dy}{dt} = l\beta$. Da nach Gleichung 5) auch die Längenänderungsparabel im Punkt t_m die gleiche Richtung $\frac{dy}{dt} = l\beta$ hat, so geht die Parabel hier tangential

in die Gerade über. Wenn die Reibung $r=0$ ist, also die im ersten Teil dieses Aufsatzes besprochenen Verhältnisse vorliegen, ist die Schienenverlängerung $\lambda = l\beta t$, also zeichnerisch aufgetragen eine grade Linie. Ihre Ordinate ist um Punkt t_m (vergl. Gl. 2): $\lambda_m = l\beta \cdot \frac{rl}{E\beta F}$ oder $\lambda_m = \frac{rl^2}{EF}$.

Der Vergleich mit Gleichung 6) lehrt, daß λ_m doppelt so groß ist, wie y_m , d. h. die Schiene hat bei der Temperatur t_m (also wenn die Temperaturbewegung bis zur Schienen-

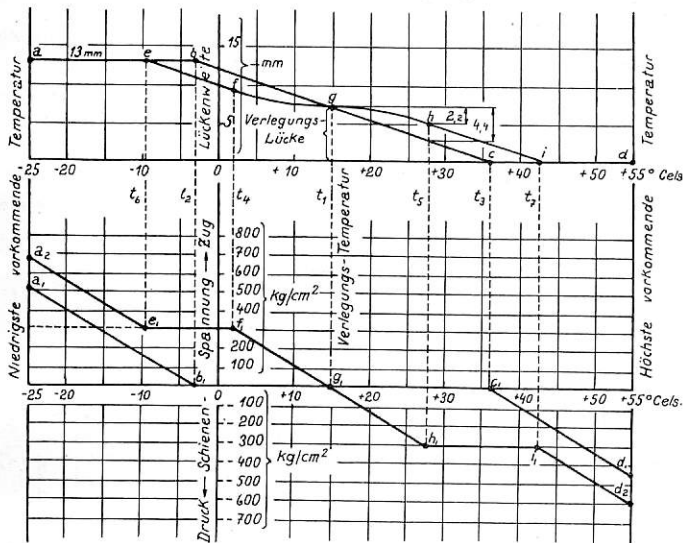


Abb. 4. Vergleichende Lückenweiten und Spannungen bei reibungsloser und reibender Schienenlagerung in einem Gleis mit 30 m langen Schienen bei 13 mm Fugenspiel. Verlegung bei $+15^\circ$ mit 7 mm Lücke.

mitte fortgeschritten ist) gerade die halbe Verlängerung erfahren, als wenn die Schiene reibungslos und frei beweglich gelagert wäre. In Abb. 4 sind für ein Gleis S 49 mit $F=62 \text{ cm}^2$ bei 30 m Schienenlänge und 13 mm Stoßauszug Schaulinien verzeichnet, welche die Lückenweiten und die Spannungen bei reibungsloser und bei reibender Lagerung im Vergleich bringen. Die Größe der Reibung ist mit 1300 kg/m^* , angenommen die Verlegungstemperatur $t=15^\circ$ bei einer Stoßlücke von 7 mm. Bei reibungsloser Lagerung entspricht die Schaulinie a b c d der Fugenweite und $a_1 b_1 c_1 d_1$ der Spannung. Die Temperaturen bei b und c sind $t_2 = -3^\circ$ und $t_3 = +36^\circ$.

Die Verhältnisse ändern sich bei reibender Lagerung, und zwar ist dann wie vorher gezeigt die Temperaturänderung, bei der auch die Schienenmitte in Bewegung gerät, nach Gleichung 2)

$$t_m = \frac{rl}{E\beta F} = \frac{1500 \cdot 13}{24 \cdot 62} = 13^\circ \text{ C. Die Parabelkurve der Schienenlängenänderung reicht von } 15^\circ \text{ bis } 15+13 \text{ und von } 15 \text{ bis } 15-13, \text{ verläuft also zwischen } t_4 = +2 \text{ und } t_5 = +28,$$

*) Vergl. den Aufsatz von Ammann & Grünwald im H. 16, 1928 dieser Zeitschrift über Wirkungen von Längskräften im Gleis, wo die Reibung bei neuem Schotter auf 670 kg/m festgestellt ist. Bei abgelagertem Schotter dürfte sie erheblich größer sein.

wobei die Schiene in der Mitte noch ruhig liegt und die Spannung sich dort wie in einer eingespannten Schiene ausbildet. (Vergl. Abb. 4 Spannungslinie $f_1 h_1$). Bei $t_4 = 2^\circ$ und $t_5 = 28^\circ$ ist die Längenänderung halb so groß, als wenn die Schienen reibungslos gelagert wären, also für die ganze Schienenlänge gleich:

$$\frac{1}{2} \cdot 3000 \cdot 0,000011 \cdot 13 = 0,22 \text{ cm. Unter } +2^\circ \text{ und über } +28^\circ$$

unterliegt die Schiene in ihrer ganzen Länge der Längenänderung und diese vollzieht sich proportional der Temperatur. Zeichnerisch dargestellt schließt sich daher an die Parabellinien f g h beiderseits tangential je eine Gerade e f und h i als Linien der Längenänderung. Den Punkten e und i entsprechen die Temperaturen $t_6 = -9,5^\circ$ und $t_7 = +42,5^\circ$. Den Temperaturstrecken e f und h i entsprechen im Spannungsbild die Horizontalen $e_1 f_1$ und $h_1 i_1$, weil die Spannung innerhalb dieser Zeitspanne konstant bleibt. Jenseits der Temperaturen t_6 und t_7 bleibt die Schienenlänge konstant und die Spannung wächst proportional der Temperatur. (Siehe auch Spannungslinien a_2, l_1 und i_1, d_2 .) Die größtmögliche Zug- und Druckspannung wird durch die Punkte a_2 und $d_2 = +680$ und -610 kg/qcm gekennzeichnet. Man erkennt, daß sie größer sind als bei a_1 und d_1 mit $+530$ und -460 kg/qcm , wo keine Reibung der Schienen vorausgesetzt ist. Die Reibung erhöht also die im Schienengestänge möglichen höchsten Druck- und Zugspannungen. Aus der Schaulinie der Spannung kann man auch ohne Schwierigkeit die Kräfte entnehmen, die an den Schienenenden von einer Schiene auf die andere zu übertragen sind, was besonders für die Zugspannungen, welche die Laschen übertragen müssen, wichtig ist. Ist nämlich die Schiene reibungslos gelagert, so tritt in der ganzen Schiene immer nur eine gleichmäßige Spannung auf. Wenn also die größte Zugspannung mit der Ordinate bei $a_1 = 530 \text{ kg/cm}^2$ ermittelt ist, so entspricht dem am Schienenende eine Spannkraft von $F \cdot 550 = 62 \cdot 550 = 34100 \text{ kg}$. Bei reibend gelagerter Schiene ist diese zwischen den Temperaturen t_6 und t_7 , wo sie Bewegungsfreiheit hat, an den Enden spannungslos. Eine Spannung, die proportional der Temperatur wächst, wird an diesen Punkten nur beim Temperaturabfall von t_6 auf die Mindesttemperatur und bei einer Steigerung von t_7 auf die Höchsttemperatur erzeugt; sie ist also durch die Ordinaten-Differenzen von e_1 und a_2 sowie i_1 und d_2 dargestellt. Die höchste Zugspannung am Schienenende (Vertikalabstand e_1, a_2) ist 370 kg/qcm , und die Spannkraft daher $62 \cdot 370 = 23000 \text{ kg}$, die durch die Laschen übertragen werden muß.

Der Abb. 5 ist das gleiche reibend gelagerte Gleis wie in Abb. 4 zugrunde gelegt, auch die Verlegungsgrenzen t_1-t_4 sind die gleichen, zwischen denen die Linie b c die Fugen-große angibt. Zum Vergleich sind aber verschiedene Verlegungstemperaturen angenommen, und zwar die beiden Grenztemperaturen der Verlegung: t_1 bei -3° und t_4 bei $+36^\circ$ und zwischen diesen zwei beliebige andere Temperaturen $t_2 = +9^\circ$ und $t_3 = +25^\circ$. Die Verlegungslücken sind nach den Ordinaten der Linie b c angeordnet. Die Schaulinien der Lückenweiten und Spannungen sind dann:

Verlegungs-temperatur	Linie der Lückenweiten	Linie der Spannungen	Größte Spannung kg/cm²	Kleinste Spannung kg/cm²
$t_1 = -3^\circ$	a b e f d	$a_1 b_1 e_1 f_1 d_2$	+540	-620
$t_2 = +9^\circ$	a g h i k f d	$a_2 g_1 h_1 i_1 k_1 f_1 d_2$	+700	-620
$t_3 = +25^\circ$	a g m n o f d	$a_2 g_1 m_1 n_1 o_1 f_1 d_2$	+700	-620
$t_4 = +36^\circ$	a g p c d	$a_2 g_1 p_1 c_1 d_1$	+700	-460

Man erkennt, daß die größte und kleinste auftretende Spannung $+700$ und -620 kg/qcm nicht überschritten wird, wenn man bei der Verlegung die Stoßlücken entsprechend der Linie b c anordnet. Es bleiben also auch bei reibend

gelagerten Schienen für die Bemessung der Lückenweiten genau die gleichen Regeln wie bei reibungslosem Gleis maßgebend (siehe Übersicht 1 und 2), wenn man fordert, daß unabhängig von der jeweiligen Verlegungstemperatur die bei den Temperaturgrenzen $n = -25$ und $+55^\circ$ eintretenden Spannungen so klein wie möglich bleiben sollen.

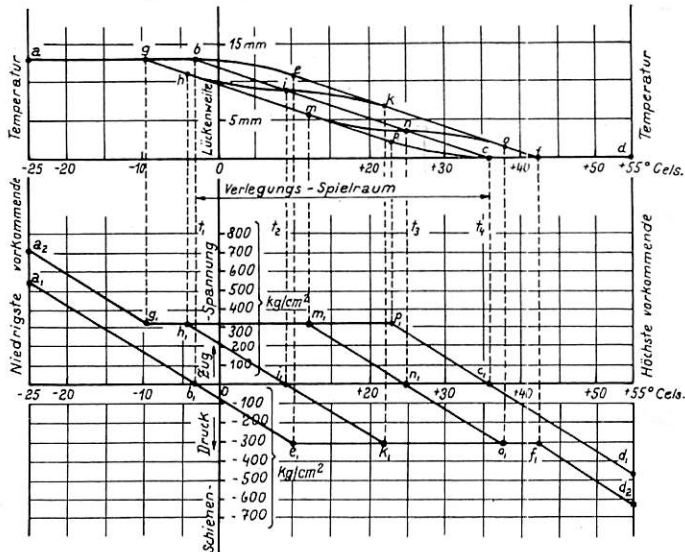


Abb. 5. Spannungen und Lückenweiten eines reibend gelagerten Gleises mit Schienen von 30 m Länge bei einem Lückenspiel von 13 mm, wenn Verlegung bei verschiedenen Temperaturen t_1, t_2, t_3, t_4 stattfindet.

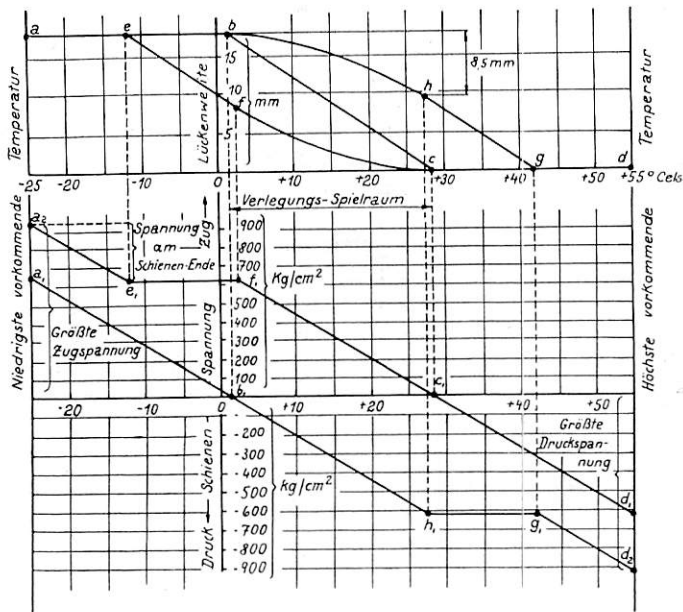


Abb. 6. Höchstspannungen in einem reibend gelagerten Gleis mit 60 m langen Schienen bei 18 mm Lückenspiel.

Zur Erläuterung und für die praktische Anwendung der im vorangegangenen enthaltenen Gedankengänge sei die Lösung folgender Aufgabe gegeben:

In einem Gleis mit 60 m langem Schienenprofil S 49 bei 18 mm Lückenspiel und einer Schienenreibung von 1300 kg/m sollen die Schienen so verlegt werden, daß die größte Zugspannung gleich der größten Druckspannung ist. Es ist die Tafel der Verlegungslücken aufzustellen, ferner sind die größte und kleinste mögliche Spannung in der Schiene und die höchste Zugbeanspruchung der Laschen zu ermitteln. Die Schienenverlängerung bzw. die Stoßfugenverkleinerung beträgt $60 \cdot 0,000011 = 0,00066 \text{ m} = 0,66 \text{ mm}/^\circ\text{C}$. Dem Lückenspiel von 18 mm entspricht daher ein Temperaturunterschied von $\frac{18}{0,66} = 27^\circ\text{C}$. Dieser Verlegungsspielraum von 27°C muß in

der Mitte der beiden äußersten Temperaturgrenzen von -25 und $+55^\circ$ liegen, also um $26,5^\circ$ von jeder Grenze entfernt sein. Dadurch ergeben sich die Verlegungsgrenzen $= +1,5^\circ$ und $+28,5^\circ$. Die zeichnerische Darstellung der Stoßlückengröße ist hiernach in Abb. 6 oben in der Linie b c gegeben, die dementsprechende Lückengröße enthält Über-

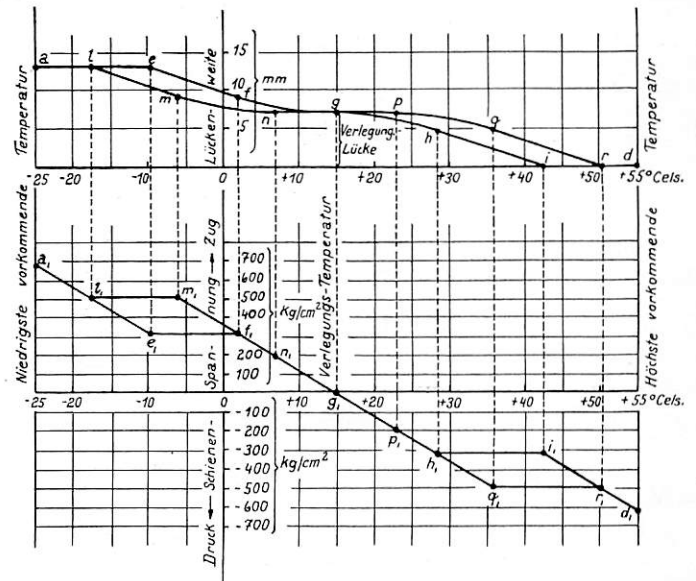


Abb. 7. Vergleichende Lückenweiten und Spannungen in einem Gleis mit 30 m langen Schienen bei 13 mm Fugenspiel: a) bei Reibung der Schienen auf den Schwellen, b) bei Reibung auf Schwellen und in Laschen.

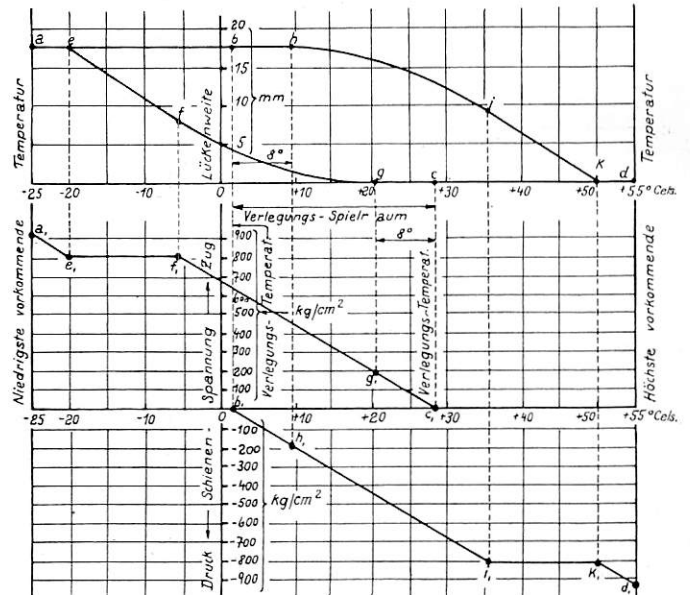


Abb. 8. Höchstspannungen in einem Gleis mit 60 m langen Schienen unter Berücksichtigung der Reibung auf den Schwellen und in den Laschen. Lückenspiel 18 mm.

sicht 3. Die Temperaturänderung, welche erforderlich ist, damit die Temperaturbewegung der Schienenenden bis zur Schienenmitte gelangt, beträgt nach Gleichung 2)

$$t_m = \frac{r l}{2 \beta F} \quad \text{Bei Einsetzung der Zahlenwerte folgt: } t_m = 26^\circ\text{C}.$$

Die Verlängerung einer reibungslosen Schiene bei dieser Temperatur ist 17 mm, bei vorhandener Reibung $\frac{17}{2} = 8,5 \text{ mm}$.

Nach diesen Zahlen lassen sich nun ohne weiteres die gesuchten größten Spannungen zeichnerisch ermitteln, wenn man die beiden Grenztemperaturen der Verlegung als Verlegungstemperaturen annimmt und von ihnen ausgehend die Linien der Stoßfugenweiten und Spannungen aufträgt (vergl. Abb. 6).

Bei der Verlegungstemperatur $+1,5^{\circ}$ reicht der parabolische Verlauf der Linie der Lückenweiten bis $1,5+26=27,5^{\circ}$ bei Punkt h, wobei sich die Lücke um 8,5 mm geschlossen hat. Von h bis g ist die Schaulinie eine Gerade parallel b c; ebenso ergibt sich die Linie e f c der Lückenweiten bei einer Verlegungstemperatur von $28,5^{\circ}$ und dichtem Fugenschluß bei der Verlegung. Die Spannungslinien sind $a_2 e_1 f_1 c_1 d_1$ und $a_1 b_1 h_1 g_1 d_2$. Die größte Druckspannung = der größten Zugspannung ist 920 kg/cm^2 . Die größte Zugspannung am Schienenende ist 300 kg/cm^2 und deshalb die größte, von den Laschen zu übertragende Spannkraft $62.300=19000 \text{ kg}$.

Es möge nunmehr noch der Einfluß der Laschenreibung ebenfalls in den Kreis der Betrachtung gezogen werden. Wird von einem spannungslosen Zustand der Schiene ausgegangen, so wirkt sich bei einer Temperaturänderung die Reibung der Lasche am Schienenende dahin aus, daß zunächst die Schiene überhaupt keine Längenänderung erfährt und nur eine mit der Temperatur steigende Spannung in der ganzen Schiene eintritt. Dieses Wachsen der Schienenspannung wird solange fortgehen, bis die Spannkraft $S=\sigma \cdot F$ die Reibungskraft R der Laschen erreicht hat. Von diesem Augenblick an muß bei weiterer Temperaturänderung der Vorgang der Längen- und Spannungsänderung sich genau so vollziehen, wie es bei den auf den Schwellen reibenden Schienen von vornherein, d. h. unmittelbar bei Beginn der Temperaturänderung der Fall ist.

In Abb. 7 ist ein Vergleich der Spannungs- und Längenänderung dargestellt, wenn einerseits Schwellenreibung allein vorhanden ist und wenn andererseits außerdem auch noch Laschenreibung hinzukommt. Es sind unter den gleichen Voraussetzungen der Schienenlänge, des Fugenspiels usw. wie bei Abb. 4 a e f g h i d und $a_1 e_1 f_1 g_1 h_1 i_1 d_1$ die Schaulinien der Fugenweiten und Spannungen, wenn keine Laschenreibung stattfindet. Nimmt man jetzt an, daß eine Laschenreibung $R=12000 \text{ kg}$ an jedem Schienenende hinzutritt (Schienenform S 49 mit $F=62 \text{ cm}^2$ vorausgesetzt), so ist die durch die Laschenreibung R hervorgerufene Spannung in der Schiene $\sigma = \frac{12000}{62} = 194 \text{ kg/cm}^2$. Diese Spannung wird bei einer Temperaturänderung von $t = \frac{194}{24} = 8^{\circ}\text{C}$ erreicht.

Bei der Verlegungstemperatur von 15° wird also zwischen $15+8=23^{\circ}$ und $15-8=7^{\circ}$ keine Längenänderung der Schiene eintreten, während die Spannung sich gleichzeitig proportional mit t ändert. Die Schaulinien der Fugenweiten und der Spannung sind in dieser Temperaturzone n p und $n_1 p_1$ (Abb. 7), die daran anschließende Linie der Fugenweiten ist l m n und p q r und verläuft parallel g f e und g p q. Die entsprechenden Spannungslinien ergeben sich ohne weiteres als $n_1 m_1 l_1 a_1$ und $h_1 q_1 r_1 d_1$ und gehen in ihren Ausläufern $l_1 a_1$ und $r_1 d_1$ in die Spannungslinie über, die bei Außerbetrachtung der Laschenreibung ermittelt war. Es wird also

Übersicht 3.

Verlegungslücken bei 60 m langen mit Reibung gelagerten Schienen bei 18 mm Lückenspiel, wenn höchst mögliche Zug- und Druckspannungen einander gleich sein sollen.

Temperatur ° C	Lücke mm	Temperatur ° C	Lücke mm	Temperatur ° C	Lücke mm	Temperatur ° C	Lücke mm
Unter $+1$	*	8 bis 10	13	17 bis 19	7	26 bis 28	1
1 bis 2	18	10 bis 11	12	19 bis 20	6	28 bis 29	0
2 bis 4	17	11 bis 13	11	20 bis 22	5	über 29	*
4 bis 5	16	13 bis 14	10	22 bis 23	4	* Keine Verlegung	
5 bis 7	15	14 bis 16	9	23 bis 25	3		
7 bis 8	14	16 bis 17	8	25 bis 26	2		

durch die Laschenreibung die bei den Grenztemperaturen in der Schienenmitte eintretende höchste Zug- und Druckkraft nicht erhöht, sie bleibt vielmehr ebenso groß wie sie bereits in Abb. 4 ermittelt war.

In Abb. 8 sind die Schaulinien von Spannung und Lückenweite eines Gleises wiedergegeben, das genau demjenigen in Abb. 6 entspricht, nur ist noch eine Laschenreibung von 12000 kg an jedem Schienenende hinzugekommen (als Schienenform sei wieder S 49 vorausgesetzt).

Die Abb. 8 ist für zwei Verlegungstemperaturen gezeichnet und zwar von $+1,5^{\circ}$ und $+28,5^{\circ}$ und die Schaulinien ändern sich durch Hinzutreten der Laschenreibung nur insofern, als die Linien der Lückenweiten von den Verlegungspunkten b und c zunächst mit den Horizontalen b h und c g $=8^{\circ}\text{C}$ beginnen und sich dann erst die Parabeln g f und h i anschließen. Die Linien der Spannung ergeben sich ohne Schwierigkeit: $b_1 h_1 i_1 k_1 d_1$ und $c_1 g_1 f_1 e_1 a_1$ die größten Spannungen bei a_1 und d_1 sind genau die gleichen wie bei Abb. 6, so daß also eine Vergrößerung der Höchstspannungen durch die zusätzliche Laschenreibung nicht eintritt.

Verwendung von Steilweichen bei der Erweiterung des Züricher Hauptbahnhofs.

Von Oberingenieur Rob. Grünhut, Dozent an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich.

Hierzu Tafel 18.

Bei der in Ausführung befindlichen Erweiterung des Züricher Hauptbahnhofs werden die Bäselerischen Steilweichen — zum ersten Male in der Schweiz — in größerer Zahl Verwendung finden, und es darf wohl gesagt werden, daß ohne sie die Gleisänderungen einen viel größeren Umfang angenommen hätten, als dies nun der Fall ist.

Wie die Zeichnung, Taf. 18 zeigt, hat der Personenbahnhof heute elf Gleise, von denen neun an sechs Personenbahnsteigen, und zwei — die Gleise II und V — zwischen den Bahnsteiggleisen liegen. Zur Verbreiterung des Bahnhofs werden fünf Gleise an der Südseite, ein Gleis an der Nordseite angefügt und das alte Gleis II beseitigt, so daß der neue Bahnhof sechzehn Gleise zählen wird, von denen vierzehn an sieben Personenbahnsteigen und elf an sechs Gepäckbahnsteigen liegen werden.

An der Westseite des Bahnhofs befinden sich heute zwei aus doppelten Kreuzungsweichen 1:8 zusammengesetzte Weichenstraßen, von denen die dem Aufnahmegebäude näher liegende die Gleise IV bis IX (alt), die entfernter liegende sämtliche Gleise des Personenbahnhofs zusammenfaßt. An die letztgenannte Weichenstraße müssen die neuen Gleise I bis V angeschlossen werden; das östliche Ende beider Weichenstraßen muß dabei so weit nach Westen verschoben werden, daß die Bahnsteige um rund 125 m verlängert werden können.

Mit Weichenstraßen 1:8 hätten diese Aufgaben nur sehr schwer gelöst werden können, dagegen gelang es ohne jede Schwierigkeit, durch den Einbau von zwölf doppelten Kreuzungsweichen als Steilweichen 1:6,5 nicht nur die neuen Gleise an die vorhandenen Weichenstraßen anzuschließen, sondern auch — und das war ein besonders schätzenswerter

Erfolg — den Zungenbahnsteigen die Länge von rund 300 m zu geben. Von diesen zwölf Weichen werden fünf in die westliche, vier in die östliche Weichenstraße und drei weitere am Westende des Personenbahnhofs (bei der Unterführung der Langstraße) eingelegt werden.

Durch die vorgesehene Vermehrung der Gleise wird die tägliche Zugzahl, die heute — bei elf Gleisen — 350 beträgt, auf 480 gesteigert werden können. In einem zweiten Bauabschnitt sollen auf der Südseite noch weitere vier Gleise angefügt werden, wodurch die tägliche Zugzahl auf etwa 600 gebracht werden und im Vergleich zur heutigen eine

Vermehrung von rund 70 v. H. erfahren wird. Damit dürfte den Bedürfnissen für die nächsten 25 bis 30 Jahre genügt sein.

Die heute vorhandene linienweise Einführung der drei Doppelspurbahnen: Von Brugg (Basel und Bern), von Oerlikon (Schaffhausen, Romanshorn und St. Gallen), und von Thalwil (Gotthard, Luzern, Chur und Buchs), die außer der eingleisigen Bahn von Rapperswil in den Bahnhof münden, ist beibehalten worden. Damit bleibt auch die Schwierigkeit der direkten Zugübergänge von Basel (Paris, London, Brüssel) nach Chur (Engadin) und Buchs (Wien) bestehen, für die das Durchkreuzen des Bahnhofs in seiner ganzen Breite erforderlich ist.

Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft über das vierte Geschäftsjahr 1928.

Der Geschäftsbericht der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für das Geschäftsjahr 1928 ist Anfang Juni erschienen. Die Einleitung, die auch die Bilanz enthält, zeigt die Schwierigkeiten, die im vergangenen Jahr zu überwinden waren. — Nach der statistischen Übersicht ist das Gesamtnetz wieder um 121 km auf 53667 km erweitert worden. Die Zahl der Lokomotiven hat sich um 414 auf 24481 vermindert. Dabei hat sich das Verhältnis der Zahl der Dampflokomotiven zur Zahl der elektrischen Lokomotiven nur unbedeutend zugunsten der letzteren verschoben. Eine verhältnismäßig starke Mehrung haben die Triebwagen erfahren, deren Zahl von 583 auf 937, d. i. um 354 Stück oder rund 60% zugenommen hat. Der Wagenpark verminderte sich um 154 Stück auf 756009. Der Anteil der Personen- und Gepäckwagen an der Gesamtzahl hat sich nur unwesentlich geändert. Die geleisteten Lokomotivkilometer sind von 1017 (613) auf 1062 (653) Millionen angestiegen. Auf den Dampfbetrieb entfallen hiervon 96,29% (94,46%), auf elektrische Lokomotiven und Triebwagen 2,79% (4,07%), auf sonstige Triebwagen 0,92% (1,47%). Die eingeklammerten Zahlen geben jeweils die zugehörigen Nutzkilometer an. Die Betriebsleistungen im elektrischen Betrieb haben sich gegenüber dem Vorjahre um $\frac{1}{4}$ vermehrt. Im Güterverkehr wurden 19355 Millionen Achskilometer gefahren gegen 18737 im Vorjahre, im Personenverkehr 10392 gegen 9785 Millionen im Vorjahr. Es zeigt sich also, daß trotz des geringeren Fahrzeugparkes größere Leistungen ausgeführt wurden als im Vorjahr, was auf eine wesentlich bessere Ausnutzung der Fahrzeuge schließen läßt.

An die statistische Übersicht schließen sich acht Abhandlungen über einzelne Fachgebiete an. Vom Standpunkt des Technikers aus verdienen besonders die Abschnitte I, V, VI und VII Beachtung, während die Abschnitte II (Tarife), III (Finanzen), IV (Personal) und VIII (Verwaltung) hier unberücksichtigt bleiben können.

Abschnitt I. Betrieb und Verkehr.

Die ruhige Lage sowie verschiedentliche Streiks und Aussperrungen in der Industrie brachten auch im Eisenbahnverkehr namentlich am Ende des Jahres ein bedeutendes Abflauen, so daß die Leistungen während des ganzen Jahres ohne jede Mühe bewältigt werden konnten. Der Ausbau des Fahrplanes sowohl im Güter- wie im Personenverkehr wurde gefördert. Insbesondere brachte die Einrichtung durchlaufender Güterzüge und die Vermehrung und bessere Ausgestaltung der FD-Züge wesentliche Verbesserungen hinsichtlich des Beförderungsdauer und der Bequemlichkeit des Reisens. Durch Einführung neuer Fahrzeiten ist die Reisegeschwindigkeit der Schnellzüge im Durchschnitt wieder gleich der von 1914. Im Personenverkehr wurde mit den neuen Tarifen die Einheits-Holzklasse und Einheits-Polsterklasse eingeführt und die 1. Klasse als Luxusklasse nur in den internationalen Schnellzügen beibehalten. Die zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit anzustrebende Verwendung von Großgüterwagen wurde zunächst zwischen

Berlin und den Kohlengebieten an der Ruhr und in Oberschlesien eingeführt. Seit September 1928 erfolgen jede Woche 11 Fahrten von Oberschlesien und eine Fahrt vom Ruhrgebiet mit je 1400 t Nutzlast.

Auf dem Gebiet der Zugleitung wurden probeweise auf je einer Strecke der Reichsbahndirektionen Hannover und Dresden eine Zugüberwachung durch besondere Beamte mit besonderem Fernsprechnetze eingeführt. Der Zugüberwacher wird über den Lauf der Züge ständig unterrichtet und regelt mit den Bahnhöfen und gegebenenfalls mit den Zugleitungen den Zuglauf so, daß Betriebsstörungen vermieden oder im Entstehen bekämpft werden. In ähnlicher Weise ist auf je einem Bahnhof der Reichsbahndirektionen Dresden und Oppeln eine Bahnhofsüberwachung eingerichtet worden. Beide Arten der Überwachung können als Abart des amerikanischen Dispatchingverfahrens angesehen werden; sie werden, wenn sie sich bewähren, in weiterem Umfang Anwendung finden.

Die durchschnittliche Leistung einer Lokomotive zwischen zwei Ausbesserungen konnte abermals namhaft gesteigert werden und beträgt 94000 km, d. i. 14,6% mehr als im Vorjahre. Der Ausbesserungsstand mit 16,7% hielt sich auf der Höhe des Vorjahres. Der Brennstoffverbrauch, bezogen auf den Bruttotonnenkilometer, ist um 1,9% gegen das Vorjahr und um 18,7% gegen 1913 gesunken.

Der elektrische Betrieb wurde weiter ausgedehnt. Es sind nunmehr 1290 km Fernstrecken und 225 km Stadt- und Vorortbahnen elektrisch betrieben. Zur Sicherstellung der Stromversorgung wurden bestehende Kraftwerke erweitert, der Neubau des Kraftwerkes Pfrombach an der mittleren Isar weiter betrieben, das Fernleitungsnetz verbessert und neue Unterwerke errichtet. An Fahrzeugen für den elektrischen Betrieb wurden in Auftrag gegeben: 5 Schnellzuglokomotiven und 160 Trieb-, 85 Steuer- und 80 Beiwagen für die Berliner Stadtbahn, ferner 4 Fahrleitungsuntersuchungswagen.

Die Zahl der Unfälle blieb um ein geringes hinter der des Vorjahres zurück; dagegen waren einige besonders schwere Unfälle zu verzeichnen. 1928 sind etwa 9% weniger Fuhrwerke überfahren worden als 1927. Dabei sind durch mangelhafte Schrankenbedienung über $\frac{1}{3}$ weniger Unfälle entstanden als im Vorjahre, durch eigenes Verschulden der Wagenführer auf abgeschränkten Wegübergängen an Hauptbahnen aber um $\frac{1}{4}$ mehr als im Vorjahr. Die Zahl der Unfälle infolge Durchbrechens der geschlossenen Schranken durch Kraftfahrzeuge war größer als die infolge Nichtschließens der Schranken.

Abschnitt V. Bauwesen.

14 neuerbaute Strecken wurden dem Betrieb übergeben, die Erbauung von 9 Strecken weiterbetrieben, der mehrgleisige Ausbau verschiedener Strecken gefördert. Zahlreiche Bahnhofumbauten wurden durchgeführt. Wegen der Knappheit der Mittel konnten die baulichen Anlagen nicht so unterhalten werden, wie es im Interesse der Wirtschaftlichkeit notwendig gewesen wäre. Die Unterhaltung mußte sich

vielmehr in der Hauptsache auf die Erhaltung der Betriebssicherheit beschränken.

Auch die Oberbauarbeiten konnten nicht in dem gewünschten Umfang weitergeführt werden und mußten auf die Erneuerung der normalen 4% der durchgehenden Hauptgleise beschränkt bleiben, ohne daß der Rückstand aus dem Kriege aufgeholt werden konnte. Mit Neustoffen wurden 3195 km mit Schienenform S 49 umgebaut und zwar 2481 km mit Reichsbahnoberbau K auf Holzschwellen, desgl. 584 auf Eischwellen, 105 km mit Reichsbahnoberbau B und 25 km mit Reichsbahnoberbau O, beide auf Eischwellen. Ferner wurde eine erhebliche Anzahl von Weichen ersetzt mit zusammen 13000 Zungenpaaren. An Umbauten mit Altstoffen und Schienen- und Schwellenauswechslungen im Zusammenhange wurden rund 3900 km fertiggestellt, desgl. rund 9350 Altweichen eingelegt. Auf etwa 3000 km wurde die Bettung der Hauptgleise vollständig und auf rund 2400 km teilweise erneuert. Etwa 25% der Haupt- und 11% der Nebengleise wurden planmäßig durchgearbeitet. Die im Vorjahr begonnenen Entwürfe für die neuen Reichsbahnweichen wurden soweit gefördert, daß bereits Probeausführungen dem Betrieb übergeben werden konnten. Auch auf verwaltungstechnischem Gebiete wurde dem Oberbau besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Bei den Reichsbahndirektionen der früheren süddeutschen Bahnen wurden nach preußisch-hessischem Muster eigene Oberbaudezernate mit eigenen Büros oder Bürogruppen geschaffen. Zur Bearbeitung von Strecken, an denen wenig geeignete Arbeitskräfte zu bekommen sind, wurden besondere fliegende Oberbautrupps mit eigenen Wohnzügen geschaffen. Durch Herausgabe einer neuen Oberbauvorschrift wurde die einheitliche Ausgestaltung des Oberbaues gefördert.

Größere Brückenumbauten wurden nicht durchgeführt, dagegen eine Reihe kleinerer und mittlerer Brücken verstärkt oder ausgetauscht. Die Bemühungen zur Gewinnung eines einwandfreien hochwertigen Stahles wurden fortgesetzt. Sie haben dahin geführt, daß unsere Stahlwerke an Stelle des StSi, dem einige Schwierigkeiten in der Herstellung anhafteten, bereits vier weitere neue Stahlsorten geschaffen haben, die völlig frei sind von diesen Schwierigkeiten und die gleichen Festigkeitseigenschaften wie StSi haben. Infolge Zusatz von Kupfer sind diese Stahlsorten außerdem weit widerstandsfähiger gegen das Rosten wie StSi.

Die Sicherungseinrichtungen wurden weiter ausgebildet. So wurden insbesondere verschiedentlich Gleisfreimeldeanlagen eingebaut. Auf der Berliner Stadtbahn wurde ein selbsttätig wirkendes Signalsystem mit Lichttagessignalen eingeführt, ferner auf der Berliner und Hamburger Stadtbahn, sowie auf einigen Berliner Vorortstrecken Fahrsperrn zur Vermeidung des Überfahrens von Haltsignalen eingebaut. Die Versuche mit den Zugbeeinflussungseinrichtungen werden fortgesetzt.

Zur Verbesserung des Fernsprechverkehrs wurden 35 Selbstanschlußämter errichtet. Zur Verbesserung des Telegraphendienstes bei gleichzeitiger Personalersparnis wurde die Einrichtung von Morseanrufschranken fortgesetzt.

Abchnitt VI. Rollendes Material.

Im Laufe des Jahres 1928 wurde eine Reihe neuer Lokomotivgattungen in Dienst gestellt. Es sind dies eine 2 C 2-Personenzuglokomotive mit 20 t Achsdruck, eine 1 D 1-Nebenbahnlokomotive mit 15 t Achsdruck, eine C- und eine D-Verschielokomotive, beide mit 17,5 t Achsdruck. Auch eine 1 B-Tenderlokomotive für leichte Dampfzüge wurde neugeliefert und führte sich im Betriebe gut ein. Die

beiden ersten Kohlenstaublokomotiven wurden in regelmäßigen Betrieb gestellt, zwei weitere wurden angeliefert; ferner wurde eine Anzahl Lokomotiven zur Ausrüstung mit Kohlenstaubfeuerung nach einer verbesserten Bauart in Umbau gegeben.

Die Arbeiten für die Normung und den Austauschbau, für die Einführung der elektrischen Zugbeleuchtung, sowie die Ausrüstung der Wagen mit verstärkten Puffern, Kupplungen und Tragfedern wurden fortgesetzt. Die Ausrüstung des Güterwagenparkes mit der durchgehenden Druckluftbremse ist beendet. Einige neue Bauarten von Wagen für verschiedene Zwecke wurden entwickelt. Bei dem erhöhten Bedarf an Personenwagen der Polsterklasse, der nach der neuen Tarifregelung auftrat, mußten bis zur Ablieferung der bestellten Wagen solche der Holzklasse behelfsmäßig mit Polstern ausgerüstet werden.

Die sparsam wirtschaftliche Durchbildung der Werkstättenarbeit wurde weiterbetrieben. Das Ausbesserungswerk Witten und die Lokomotivabteilungen des Ausbesserungswerkes Köln-Nippes konnten aufgelassen werden. Die Lagerbestände an Ersatz- und Werkstoffen wurden weiter eingeschränkt. Fünf eigene Versuchsanstalten untersuchten die Eigenschaften der Werkstoffe und ihre zweckmäßigste Verarbeitung. Der Brennstoff- und Wärmewirtschaft wurde besonderes Augenmerk gewidmet. Die Einführung des einheitlichen Brennstoffverwendungsnachweises hat die Bewirtschaftung wesentlich vereinfacht. Auf wärmetechnischem Gebiet sind der Einbau von Zugsperranlagen, Feuerungsreglern, Ruß- und Flugaschebläsern, die Errichtung von Kohlenstaubfeuerungen und Heißwasser-Großraumheizungen zu erwähnen.

Die maschinellen Betriebsanlagen wurden weiter ausgebaut.

Abchnitt VII. Beschaffungswesen.

Die Bereitstellung der im Berichtsjahre benötigten rund 13,1 Millionen Tonnen Kohlen für sonstige Zwecke bereitete keine Schwierigkeiten. Im Interesse der deutschen Kohlenindustrie sowie zur Entlastung der Reichsbahn von Dienstgutbeförderungen während des Herbstverkehrs ist auch in diesem Jahre wieder in den Monaten Mai bis August eine Sommerbevorratung vorgenommen worden. Auch die Eindeckung des Bedarfes an ausländischen Ölen begegnete keinen Schwierigkeiten. Durch vermehrte Anwendung von Holz Trocknungsanlagen konnte der Vorrat an Werkholz maßgeblich herabgesetzt werden. Die Beschaffung eiserner Oberbaustoffe wurde merklich eingeschränkt, da auch im Jahr 1929 zunächst nur mit etwa 3200 km Gleiserneuerungen gerechnet werden kann. Die Holzschwellenbeschaffung konnte unter grundsätzlicher Bevorzugung der Inlandserzeugung ohne Störung durchgeführt werden, ebenso die Bettungsbeschaffung, die teilweise auch im Winter auf Vorrat geschah.

Die Fahrzeugbeschaffungen für das Jahr 1928 beschränkten sich zum größten Teil auf die bereits 1927 zu Lasten des Geschäftsjahres 1928 herausgegebenen Bestellungen. Es sind dies außer rund 100 Dampflokomotiven eine Anzahl elektrischer Lokomotiven, Trieb- und Beiwagen sowie Gepäckwagen, in der Hauptsache Personen- und Güterwagen, sowie fünf Schiffe. Da lediglich bei den Personenwagen ein ausgesprochener Mangel zu verzeichnen ist, wurde bei den Bestellungen für 1929, die zur Regelung des Geschäftsganges in der Industrie bereits 1928 hinausgegeben wurden, das Schergewicht auf die Personenwagen gelegt, von denen zunächst 1579 Stück bestellt wurden. Entsprechend dem gesteigerten Bedürfnis an Wagen zweiter Klasse (Polsterklasse) wurden solche in erhöhtem Umfang bestellt.

Sp.

Berichte.

Allgemeines.

Eisenbahn-Luftverkehr bei den amerikanischen Eisenbahnen.

In der Zeitschrift *Railway Age* (1928, Sept.) finden sich eingehende Erörterungen über die zukünftige Entwicklung des Luftverkehrs und über die Stellung, die die Eisenbahnverwaltungen dieser Entwicklung gegenüber einzunehmen hätten, da schon jetzt in Amerika die Frage des Wettbewerbs eine gewisse Rolle spielt.

Es wäre bei dem gegenwärtigen Stande der Technik kein wirtschaftliches Wagnis, wenn mehrere Eisenbahngesellschaften eine finanziell selbständige „Eisenbahnluftgesellschaft“ gründen würden, die regelmäßige Fluglinien betreiben würde, ausgestattet mit den neuesten Errungenschaften der Technik und unter Oberleitung der beteiligten Eisenbahnen. Wenn alle Vorkehrungen für größtmögliche Betriebssicherheit und Bequemlichkeit für die Reisenden getroffen wären und eigene Flughäfen mit bester Ausrüstung zur Verfügung ständen, so daß man nicht auf überlastete öffentliche oder mangelhafte Flughäfen angewiesen wäre, so würde sich das öffentliche Vertrauen, das die einzelnen Eisenbahnen genießen, auch auf das neue Unternehmen übertragen. Die Industrie wäre imstande Flugzeuge zu liefern, die allen wirtschaftlichen Anforderungen genügen, z. B. mit vier Motoren und 2400 PS-Leistung, 210 km/Std. Höchstgeschwindigkeit, 165 km/Std. Reisegeschwindigkeit in 900 m Höhe, 1600 km Reichweite, 3,7 t Tragfähigkeit und vier Mann Besatzung.

Der Verkehr wäre vorerst mit einer einfachen Linie, etwa Newyork—Los Angeles, zu beginnen. Bei einem Flug täglich in jeder Richtung könnte diese rund 4000 km lange Strecke mit vier Zwischenlandungen in 31 ½ Stunden zurückgelegt werden. Bei jeder Zwischenlandung würde das Flugzeug gewechselt, so daß die ganze Linie mit fünf Flugzeugen für jede Richtung betrieben würde. Jedes Flugzeug wäre auf diese Weise höchstens etwa 6 Stunden täglich unterwegs und kehrte am nächsten Tag mit dem gleichen Personal dieselbe Strecke zurück, so daß es stets auf der gleichen Teilstrecke verkehrte. Diese Einteilung würde genügend Zeit für die notwendigen Instandsetzungsarbeiten gewähren und die Betriebssicherheit sehr erhöhen. Zwischen den einzelnen Flughäfen wäre eine Anzahl Nothäfen mit Reserveflugzeugen vorzusehen. Mit diesen Reserven wären im ganzen 20 Flugzeuge nötig.

Nimmt man einen Preis von 8 Cent/Meile (= rund 0,2 M/km) und eine durchschnittliche Besetzung mit 30 Reisenden = $\frac{3}{4}$ der Plätze an, so ergibt sich für die angenommene Linie bei täglich einem Flug in jeder Richtung eine Tageseinnahme von 11856 Dollar. * Damit könnte nach einer sorgfältigen Veranschlagung nicht nur die Deckung der Betriebskosten einschließlich der Flughäfen, sondern auch eine angemessene Verzinsung des Anlagekapitals gewährleistet werden. Nach vorsichtigen Schätzungen wird man in fünf Jahren mit zehn Flügen täglich in jeder Richtung rechnen können. Es ist zu erwarten, daß sich eine neue Klasse von Reisenden auf weite Entfernungen herausbilden wird, da heute viele reiche Leute nur wegen der großen Zeitverluste selten weite Reisen machen. So würde es einem Bewohner der atlantischen Küste durch den Flugverkehr möglich werden, bei einwöchigem Urlaub fünf Tage an der pazifischen Küste zuzubringen, während heute fast die ganze Zeit für die Reise benötigt wird. Den Eisenbahnen würden durch den Zubringerverkehr zu den Fluglinien neue Einnahmen erschlossen.

Was die Abhängigkeit des Flugverkehrs vom Wetter anlangt, so ist anzunehmen, daß es bald gelingen wird, fast bei jedem Wetter und bei Nacht zu fliegen und die Flughäfen zu finden, so daß nur bei ganz schlechtem Wetter der Verkehr unterbrochen würde. Nach den Erfahrungen bei europäischen und amerikanischen Fluglinien vollzieht sich der Verkehr schon jetzt mit sehr großer Regelmäßigkeit und nahezu ohne Unfälle. Die Eisenbahnen könnten also hier mit einem großen Sicherheitsgrad

rechnen. Die weiteren Ausführungen behandeln die verschiedenen möglichen Formen, unter denen sich die Eisenbahnen mit dem Luftverkehr verbinden können, wobei einem von mehreren Eisenbahngesellschaften gemeinsam einzurichtenden, finanziell selbständigen Eisenbahnluftdienst das Wort geredet wird. Kr.

Die englischen Eisenbahnen und der Straßenverkehr.

Im Jahre 1928 wurde vom englischen Parlament gegen eine starke Opposition ein Gesetz angenommen, das für die englischen Eisenbahnen von größter Bedeutung ist, weil es ihnen das Recht zur vollen Verwertung der Straßenverkehrsmittel für ihre Zwecke gewährt. Bisher durften sie sich solcher nur für die Beförderung von Personen oder Gütern von und nach den Bahnhöfen bedienen, während ihnen die unmittelbare Straßenbeförderung von Ort zu Ort verboten war. Die Eisenbahnen betrachteten dies als eine starke Benachteiligung gegenüber den Straßenverkehrsunternehmen, zumal sie einen erheblichen Teil zur Unterhaltung der Straße tragen müssen. Der Wettbewerb mit den Kraftwagen macht sich wie überall auch bei den englischen Eisenbahnen sehr stark bemerkbar. Wie in Deutschland besteht auch dort die ungleiche Behandlung bezüglich der Unterhaltungspflicht der Verkehrswege, der Beförderungspflicht usw.

Die Eisenbahnen suchten im Jahre 1921 gelegentlich der Zusammenlegung der Eisenbahngesellschaften das Recht des unbehinderten Kraftwagenverkehrs zu erhalten. Dies wurde jedoch abgelehnt, weil hierzu ein eigenes Gesetz erforderlich gewesen wäre. Es wurde aber ein Ausschuß zur Untersuchung der Frage, wie weit die Forderungen der Eisenbahnen berechtigt seien, eingesetzt. Dieser kam zu keinem Ergebnis, da sich drei Vorschläge gegenüberstanden. Der von den Eisenbahnen ausgehende erste Vorschlag war für Erfüllung der Forderungen, der zweite, von den Straßenverkehrsunternehmen, der Industrie und den Handelskammern unterstützte Vorschlag war für Ablehnung, der dritte, den die Transportarbeitervereinigung vertrat, sah die Lösung der Frage in der Verstaatlichung aller Verkehrsunternehmen und war im übrigen für Zulassung von Kraftwagen nur auf dem Lande.

Ein im Jahre 1922 von den Eisenbahnen eingebrachter Gesetzentwurf wurde von diesen selbst nach der zweiten Lesung zurückgezogen. Der Parlamentsausschuß faßte jedoch einen Beschluß, daß ein Zusammenarbeiten zwischen Eisenbahn- und Straßenverkehr im öffentlichen Interesse sei, wenn unlauterer Wettbewerb ausgeschlossen werde.

Die Verhandlungen bis zum Zustandekommen des Gesetzes zogen sich bis 1928 hin. Bezeichnenderweise bestritt die Opposition nicht die Berechtigung der Forderung der Eisenbahnen, sondern suchte nur möglichst viele Einschränkungen und Sicherheiten durchzusetzen. Die vorgebrachte Befürchtung, daß die Eisenbahnen ein Straßenverkehrsmonopol anstreben, wurde von der breiten Öffentlichkeit nicht geteilt. Als Einschränkungen wurden in das Gesetz aufgenommen: 1. das Verbot für die Eisenbahnen, Personen in London in einem Umkreis von 17 Meilen (28 km) vom Stadtmittelpunkt mit Kraftwagen zu befördern, 2. das Verbot des Wettbewerbs mit Straßenbahnen und städtischen Autobuslinien, 3. die von den Eisenbahnen selbst vorgeschlagene Einsetzung eines Untersuchungsausschusses, den der Minister für den Verkehr einberufen kann, wenn Verdacht besteht, daß die Eisenbahnen ihre Rechte mißbrauchen. Im übrigen wurden die Forderungen der Eisenbahnen für die vier großen Eisenbahngesellschaften Gesetz, während eine Londoner städtische Eisenbahngesellschaft ausgeschlossen wurde.

Bemerkenswert ist, daß dieser Kampf von den Eisenbahnergewerkschaften, die 700 000 Angestellte vertreten, in der Presse eifrig unterstützt wurde.

(*Railw. Age* 2. Hälfte 1928.)

Kr.

Bahnunterbau, Brücken und Tunnel; Bahnoberbau.

Schienenschweißversuche in Rußland.

Im Jahre 1926 fanden in Rußland die ersten Schienenschweißversuche auf der Oktoberbahn (früheren Nikolaibahn), der Moskau-

Kiew-Woronesch-Bahn und den Südbahnen statt. Auf der Oktoberbahn wurde die Schweißung nur an Brücken über die Schoscha (Heft 1 des Organs 1927 und Heft 16, 1928), und den Wolchow,

auf den beiden anderen Bahnen sowohl an Brücken (Seim und Psel) wie auch in Stationsgleisen angewendet. Die nächstliegenden Aufgaben, die sich die hauptbeteiligte Versuchsabteilung der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn hierbei stellte, waren:

1. das Aluminium-Thermitverfahren der Schienenschweißung mit allen nötigen Geräten zu erproben, eine besondere Schienenschweißrotte zu bilden, die Einzelheiten des Schweißverfahrens aufzuklären und womöglich zu verbessern;

2. durch unmittelbare Messungen im Gleis die Unterschiede in den Formänderungs- und Spannungsgrößen an geschweißten und nicht geschweißten Stößen unter den statischen und dynamischen Verkehrsbeanspruchungen zu bestimmen;

3. das Verhalten der geschweißten Schienen unter den gewöhnlichen Betriebsverhältnissen zu beobachten, die zweckmäßigste Verteilung der Schwellen unter den geschweißten Stößen, die Veränderung der Stoßfugenweiten und die Wanderung festzustellen und die wirksamsten und billigsten Verfahren zur Bekämpfung des Wanderns zu finden;

4. die Besonderheiten und Kosten der Unterhaltung der geschweißten Stöße aufzuklären, Hilfsverfahren für den Fall von Brüchen in den Schweißungen zu finden und Schienenschweißrotten der Bahnunterhaltung zu bilden;

5. die Temperaturveränderungen der Schienen und der umgebenden Stoffe zu bestimmen;

6. auf dem Versuchswege die Möglichkeit und Zuverlässigkeit der Schweißung der Übergangsstöße festzustellen und die Herstellung der Übergangsstoßschweißungen zu zentralisieren;

7. einen Schweißwagen zur Schweißung der Stöße an Ort und Stelle, in erster Linie auf Brücken bis zu 8 m Spannweiten, dann auch auf Überfahrwegen einzurichten;

8. bei der Stoßschweißung auf Brücken den Einfluß auf die dynamische Beanspruchung der einzelnen Brückenteile aufzuklären;

9. als Endergebnis die Möglichkeit und erreichbare Länge der Schweißung auf freier Strecke festzustellen.

Die Versuche der genannten Abteilung der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn bezogen sich auf die Schweißung einer 109,2 m weitgespannten Öffnung der Fachwerkbrücke über den Seim in der Nähe von Konotop, auf Schienenschweißung in etwa 450 m Gesamtlänge in der Station Konotop, wobei Feldlängen von 33 m bis 48 m zusammengeschweißt wurden.

Die Thermitportionen wurden von der Firma Klekow in Leningrad bezogen. Die Firma hatte auch einen Probeschweißstoß zu liefern, der im mechanischen Laboratorium des Kiewer polytechnischen Instituts und im Leningrader I. I. P. S. (Institut der Ingenieure des Verkehrswesens) untersucht wurde und das Ergebnis lieferte, daß die Schiene an der Schweißstelle fester sei als außerhalb.

Die im Bericht eingehend beschriebenen Schweißgeräte und das Verfahren der Schweißung selbst gleichen mit geringen Abweichungen den unsrigen. Die Schweißrotte besteht aus dem Rottenmeister und vier Mann. Die Vorrichtung zum Zusammenpressen der Schweißstöße läuft auf abnehmbaren Rollen, so daß sie von vier Mann bewegt werden kann. Wenn sie getragen werden muß, sind acht Mann erforderlich. Bei viermänniger Rotte wurden an einem Arbeitstag fünf Stöße erledigt, wobei mehr auf Sorgfalt als auf Schnelligkeit der Arbeit gesehen wurde. Bei der geringsten Feuchtigkeit in der Luft wurde die Arbeit unterbrochen, weil nur bei völliger Trockenheit gute Schweißungen erzielt wurden. Die Kosten einer Schweißung stellten sich bei gut laufender Arbeit und günstigem Wetter auf:

Eine Portion Thermit	17 Rubel
Miete für Gerät	2 „
Arbeitslöhne	3,5 „
Heizmaterial	0,6 „
Ein Stoß	23,1 Rubel.

Unter ungünstigen Verhältnissen kann der Preis durch vermehrten Aufwand an Arbeitslöhnen auf 24,4 Rubel steigen. Für gewöhnliche Betriebsverhältnisse scheint dieser Preis hoch. Bei Massenschweißung und Anwendung von Benzinvorwärmung nach deutschem Muster könnte sich der Preis erniedrigen. Die Stoßlücken wurden bei der Schweißung bestimmt nach der Formel

$$\delta = 0,5 \cdot a \cdot l (t_{\max} - t_1), \text{ wobei } a = 0,000018$$

die Ausdehnungsziffer für Schienenstahl, l die geschweißte Länge, $t_{\max}$ die höchste Jahrestemperatur und t_1 die Verlegetemperatur ist.

Alle geschweißten Stöße wurden einer planmäßigen Beobachtung unterworfen. In der Station Konotop brachen von 54 geschweißten Stößen vom 26. April bis 15. Juli 1927 fünf Stück im einen Gleis, im anderen von 52 Stück vom 4. Mai bis 15. Juli 1927 vier Stück.

Daß die Übergangsstöße einen Punkt in unseren Gleisen bilden, an dem die Schweißung ganz besonders helfend eingreifen könnte, ist auch in Rußland erfaßt worden. An der Moskau-Kiew-Woronesch-Bahn wurden 1927 zehn Stück geschweißter Übergangsstöße bei der Schienenauswechslung verlegt. Man hat sich dabei für 5,5 m Übergangsstoßlänge entschieden, womit man sich also etwas den Abmessungen angeschlossen hat, auf die man auch bei uns (6 m Übergangsschiene Bauart Wagner) gekommen ist.

Um die Güte der Übergangsstöße zu verbessern, soll möglichst nur im Sommer (nicht unter 10°C trockene Luft) geschweißt werden. Die Schweißversuche 1926/27 deuten darauf hin, daß spätere Brüche mit der Schweißung bei Frost im Zusammenhang standen. Schweißung bei niedriger Temperatur, besonders bei Frost und Wind, erfordert gute Vorwärmung von Schienen und Schweißtiegel. Es kamen Fälle vor, wo das Metall aus dem Tiegel infolge Abkühlung des unteren konischen Teiles des Tiegels durch Wärmestrahlung nicht völlig abfloß. Es ist anzunehmen, daß bei Schweißung im Winter infolge zu schneller Abkühlung Überhärtung der geschweißten Schiene im Stoß auftritt. Es sollte daher der Stoß nach der Schweißung auf je 1 m Länge beider Schienen mit nichtwärmedurchlässigem Stoff abgedeckt werden.

Die Versuche an der Seimbrücke verliefen ergebnislos. Es war zwar eine Erniedrigung der Stoßziffer für den Untergurt zu bemerken, aber gerade in den Brückenteilen, in denen eine besonders starke Beeinflussung der Stoßwirkung durch die Schweißung hätte erwartet werden können, wurde ein Ergebnis nicht gefunden. Es wird dies darauf zurückgeführt, daß in den Bolzenöffnungen der Schienen eine besondere russische Einrichtung, Januschewski-Ringe (Einlagen zur Beschränkung der Wanderung) angebracht und die Stoßlücken daher sehr klein waren.

Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten der Moskau-Kiew-Woronesch-Versuchsabteilung steht eine Veröffentlichung des wissenschaftlich-technischen Ausschusses des Volkskommissariats für Verkehrswesen: „Einfluß der Temperaturschwankungen auf den Schienenweg“ von W. W. Grigorjew. Untersucht wird die Wärmeausdehnung und der ihr entgegenwirkende Widerstand der Laschenverbindung und der Schienenbefestigung auf den Schwellen.

In der Regel ist untertags die Schienentemperatur höher, nachts niedriger als die der Außenluft. Die Verteilung der Temperatur in der Schiene ist ungleich, gewöhnlich im Steg, zuweilen auch im Schienenkopf am höchsten. Die Folge davon ist eine ungleiche Spannungsverteilung. Der größte Unterschied zwischen Schienen- und Lufttemperatur wurde untertags zu 25° gefunden, nachts zu 2,9°. Der größte Unterschied der Größt- und Niedrigsttemperatur innerhalb 24 Stunden wurde zu über 37° festgestellt. Der Schienenfuß erwärmt sich in der Sonne weniger als der Schienenkopf, was der teilweisen Beschattung und der Bettungsnähe zuzuschreiben ist. Nachts ist die Temperaturverteilung in der Schiene gleichmäßig. Untertags hat die Bettung eine (bis zu 15 und 17°) niedrigere Temperatur als die Schiene, nachts ist das Verhältnis infolge Wärmehäufung vom Tage her gewöhnlich umgekehrt. Man kann bei den Verhältnissen des mittleren Rußland ein Ansteigen der Schienentemperatur bis auf +65 oder gar 70° annehmen.

Je fester die Laschenbolzen angezogen und die Schienen auf den Schwellen befestigt sind, desto mehr setzt sich die Wärmeausdehnung des Gleises in innere Spannungen der Schienen um. Das Anziehen der Laschenbolzen ist dabei maßgebender als die Befestigung auf den Schwellen. Die letztere läßt meist viel zu wünschen übrig und es könnte hier, soweit es sich, z. B. bei der Schweißung, darum handelt, die Wärmeausdehnung zu erschweren, noch manches getan werden. Man hat in russischen Verhältnissen den Widerstand einer sechslochigen Laschenbefestigung bei mit 60 cm langem Schlüssel angezogenen Schraubenbolzen zu 22,8 bis 28,5 t berechnet. Man kann für Gleise mittlerer Güte den

Gleitwiderstand der Schiene auf den Unterlagplatten auf den laufenden Meter Gleis zu 300 kg/m annehmen. Der obige Druck um 28,5 t kann also vom einen Gleis von etwa 100 m Länge aufgenommen werden, was für die Frage der möglichen Schweißlängen von Bedeutung sein kann.

Die mit Geigerschen Dehnungsmessern angestellten Beobachtungen über die Verlängerung der Schienen und die dadurch veranlaßte Stoßlückenweite ergaben, daß bei ein und denselben Wärmegraden die Summe der Stoßlücken ganz verschiedene Werte annehmen kann. Es hängt das mit dem Schienenzustand (vorherige Temperaturen, Erschütterungen usw.) und von der Veränderung im Zustand der Befestigungsmittel ab. Eine große Anzahl von Stößen blieb bei einer Tagestemperaturschwankung von 26,5° fast ganz unverändert in der Lückenweite. Innerhalb eines Monats wechselten bei Temperaturschwankung bis zu 40,3° die Stoßlücken um Zehntel von Millimetern. Man kann annehmen, daß bei der derzeitigen Bauart des russischen Oberbaues unter dem Einfluß der Temperaturschwankungen Längsdruck oder Zugkräfte bis zu 500 kg/cm² und manchmal sogar darüber auftreten können.

Dr. S.

Ausbessern ausgeschlagener Schienenstöße durch Auftrag-Schweißung.

Von einer 202 km langen Strecke der Kanadischen Pacific-Eisenbahn liegen 158 km in Steigungen von 1:100 und 1:45; dazu kommen noch Krümmungen bis herunter zu 175 m Halbmesser. Sowohl Personen- wie Güterzüge müssen mit zwei Lokomotiven über diese Strecke befördert werden. Der Oberbau besteht aus 50 kg/m schweren Schienen, die im Jahre 1923 eingebaut worden sind. Seine starke Beanspruchung machte schon im Jahre 1925 in den Neigungs- und Krümmungsstrecken das häufige Auswechseln einzelner Schienen nötig, doch verschlechterte sich der Zustand der Strecke immer weiter, und im Jahre 1928 entschloß man sich, eine grundlegende Instandsetzung des Oberbaues vorzunehmen, wobei die ausgeschlagenen Schienenstöße durch Schweißen ausgebessert werden sollten. Zu diesem Zweck wurde ein Schweißtrupp von sieben Mann mit den nötigen Geräten aufgestellt, die vor Beginn der Arbeiten in der Hauptwerkstatt im Schweißen ausgebildet wurden.

Der Bahnmeister bezeichnete die auszubessernden Stöße. Um diese zu ermitteln, war der Schweißtrupp mit 75 cm langen Linealen ausgerüstet, die auf die eine Schiene aufgelegt wurden, so daß der Abstand von der anderen ein Maß für die Abnutzung ergab. Vor Beginn des eigentlichen Schweißens wurde die Schiene vorgewärmt; lose hängende Eisenteile zeigten sich dann dadurch, daß sie schneller zum Glühen kamen als der Körper der Schiene, so daß sie leicht entfernt werden konnten. Dann wurden etwa 3 mm des Schienenkopfes abgeschmolzen, ehe der neue Stahl aufgebracht wurde. Das Schweißen hat am Stoß zu beginnen und soll von da an nach rückwärts gehen. Die Schweißflamme soll etwas überschüssiges Azetylen enthalten, um zu vermeiden, daß sie oxydierend wirkt. Gegen das Ende der Arbeit wird der Azetylengehalt noch etwas erhöht, wodurch die Schweißstelle etwas gehärtet wird. Als Schweißmetall dient ein Draht von 6 mm Durchmesser, dessen Stahl 3,5% Nickel enthält. Dieses Metall kann leicht überhitzt werden; das Ende des Drahts darf daher nicht aus dem flüssigen Metall auf dem Schienenkopf herausgezogen werden, und zum Schmelzen ist mehr die strahlende Wärme der Flamme als deren unmittelbare Einwirkung zu verwenden. Peinlich vermieden werden müssen Schlackeneinschlüsse an der Schweißstelle; werden diese bemerkt, so ist das ganze flüssige Metall zu entfernen und die Arbeit von vorn zu beginnen. An der Innenseite überstehendes Metall wird entweder mit dem Schneidbrenner oder mit dem Meißel abgearbeitet. Das aufgebrachte Metall wird mit dem Schmiedehammer so bearbeitet, daß es die richtige Form erhält. Dadurch wird auch der Stahl verdichtet, und diese Arbeit ist daher besonders sorgfältig auszuführen. Die Schweißstelle soll bei dieser Arbeit eine dunkelrote Färbung zeigen. Der fertige Stoß soll etwas überhöht sein, damit er nicht gleich wieder ausgeschlagen wird, sondern im Betrieb auf das richtige Maß herunter geht. Muß das Gleis befahren werden, ehe die Schweißstelle genügend abgekühlt ist, so wird sie mit Wasser abgeschreckt; es empfiehlt sich, in diesem Fall sie dann

nochmals zu erhitzen und langsam abkühlen zu lassen, doch sollte diese Art zu arbeiten vermieden werden. Beim Bearbeiten der Schweißstelle mit dem Meißel ist darauf zu achten, daß kein Metall in die Stoßlücke gerät. Unter allen Umständen muß vermieden werden, die Laschen und die Schienen jenseits des Endes der Laschen zu erhitzen.

Die Schweißer sind mit Schlagstempeln ausgerüstet, die für jeden mit dem Anfangsbuchstaben seines Namens gekennzeichnet sind; diesen Stempel schlägt der Schweißer nach Beendigung der Arbeit in die Schweißstelle ein. In der Zeit vom 11. Juni bis zum 10. November wurden 3088 Schienenstöße auf die beschriebene Weise instandgesetzt. Der Verkehr wurde dabei in vollem Umfang aufrecht erhalten; er war so lebhaft, daß zuweilen zwei Züge in der Stunde die Strecke befuhren.

Über die Bewährung des beschriebenen Verfahrens können noch keine Angaben gemacht werden, doch hofft man, auf diese Art die Lebensdauer der Schienen um etwa zwei Jahre zu verlängern. Jedenfalls waren die im Jahre 1928 gesammelten Erfahrungen derart, daß die Arbeit im Jahre 1929 fortgesetzt werden soll.

Der Streckenvorarbeiter, der zunächst das Schweißen beaufsichtigte, wurde später durch einen erfahrenen Schweißer ersetzt. Bei dieser Überwachung ist das Hauptaugenmerk auf den Gasverbrauch zu richten. Daneben lag dem Aufseher die Sorge für die Sicherheit der Arbeiter ob, eine Aufgabe, die wegen der Unübersichtlichkeit der Strecke infolge der zahlreichen scharfen Krümmungen besondere Aufmerksamkeit erforderte.

W.

(Engineering News-Record, Nr. 18 vom 2. Mai 1929.)

Verhalten von geschweißten Schienenstößen auf Reichsbahnstrecken.

Im Heft 8 des „Organs“ 1928, S. 158, wurde berichtet, daß die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft die für die Gleisumbauten des Jahres 1928 schon gelieferten Schienen von 15 m Baulänge durch Schweißung nach dem aluminothermischen Verfahren auf die für die FD-Zugstrecken künftig vorgesehene Baulänge von 30 m bringen lasse. Einer Verfügung der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vom März 1929 ist zu entnehmen, daß die im Jahre 1928 und früher geschweißten Schienenstöße sich bisher im allgemeinen günstig verhalten haben. Brüche und Risse an den Schweißstellen sind in geringer Zahl festgestellt worden. Die hierzu angestellten Untersuchungen haben ergeben, daß die Mehrzahl dieser Brüche und Risse auf Fehlern beruht, die bei Ausführung der Schweißarbeiten begangen worden sind. Sie sind im besonderen darauf zurückzuführen, daß die mit den Schweißungen betrauten Arbeitskräfte anfangs noch zu wenig geübt waren. Auch entfällt ein Teil der festgestellten Brüche auf Schienenstrecken, die bereits in früheren Jahren versuchsweise geschweißt worden sind, also in einer Zeit, in der die angewendeten Schweißverfahren technisch noch nicht voll entwickelt und auch die Schweißmannschaften noch nicht entsprechend ausgebildet waren. Außerdem handelt es sich dabei meist um Schienen älterer Formen mit mehr oder weniger starker Abnutzung. Hierbei möchte aber noch darauf hingewiesen werden, daß die in den FD-Zugstrecken zur Verwendung kommenden Langschienen neuerdings nicht mehr aus zwei Schienen von je 15 m Länge zusammengeschweißt werden, sondern von den Lieferwerken in Baulängen von 30 m zur Anlieferung kommen, Schweißungen also im allgemeinen entfallen.

D.

Die erste geschweißte Eisenbahn-Fachwerkbrücke.

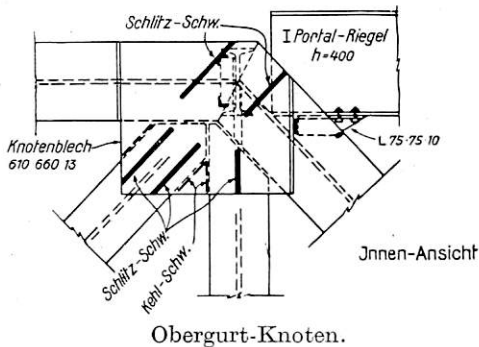
Auf allen Gebieten des Eisenbaues wird die Lichtbogen-schweißung bereits mit Erfolg angewendet. Nur im Brückenbau stand man diesem Verfahren bisher ablehnend gegenüber. Erst in den letzten zwei Jahren begann man kleinere Blechträger zu schweißen. Nun ist auch die erste geschweißte Fachwerkbrücke in Betrieb genommen worden und damit die Schweißtechnik auch in dieses letzte Gebiet des Eisenbaues eingedrungen.

Es handelt sich um eine schiefe eingleisige Halbparabel-trägerbrücke im Zuge der Boston-Main Railway, die bei Chicopee-Falls, Mass. einen Wasserkraftkanal im Winkel von 72° überquert. Die Länge der Brücke ist 53,3 m, die der einzelnen Hauptträger 41 m. Der Hauptträgerabstand beträgt 5,2 m, die Trägerhöhe

7,5 m; die Fahrbahn liegt unten. Abgesehen von den gußeisernen Lagern, den Fahrbahnträgern aus I-Eisen von 21" und den Zwischenstäben bestehen alle Stäbe aus Carnegie-Breitflanschträgern von 10". Diese sind innerhalb gewisser Gruppen bei gleicher Steghöhe nach der Flanschbreite abgestuft und ermöglichen dadurch äußerst einfache Knotenpunktanschlüsse. Als zulässige Spannungen sind angenommen:

Beanspruchte Art	im Stab kg/cm ²	in der Schweißung kg/cm ²
Zug	1120	910
Druck	1120	1120
Abscheren	780	630

Der Anschluß der Stäbe erfolgte entweder mit Stumpfschweißung oder durch Knotenbleche mittels Kehlschweißung. Wo die Ränder des Stabanschlusses keine genügend lange Schweißnaht boten, wurden in den Flanschen Schlitz angebracht und in diesen die Schweißung vorgenommen (vergl. Abb.).



Obergurt-Knoten.

Als Vorteil der geschweißten Bauwerke wird gerühmt, daß ein allmähliches Lockern der Niete ausgeschlossen und die Rostgefahr erheblich eingeschränkt ist. Aus letzterem Grunde wurden beispielsweise bei der Moerdijkbrücke in Holland die Fugen elektrisch verschweißt. Besonders aber sollen die Ersparnisse an Baukosten ganz erheblich sein und bei der Chicopee-Fallsbrücke 4000 Dollar betragen haben, d. i. 21% der für ein genietetes Bauwerk erforderlichen Kosten.

Wenn dies zutrifft, so wäre mit der Einführung des Schweißens von Brücken dem St. 37 wegen seiner besseren Eignung für dieses Verfahren eine wesentlich stärkere Stellung gegenüber St. 48 und St. 52 geschaffen. Allerdings hängt die Festigkeit der Schweißstellen in hohem Maße von der Sorgfalt

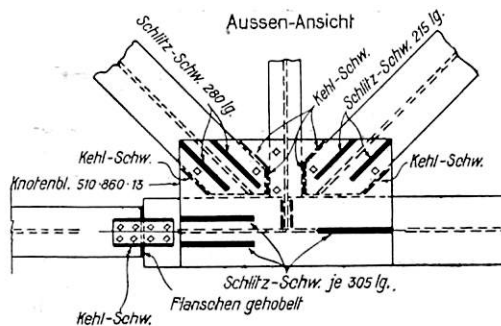
der Arbeit ab und leicht wird man sich daher nicht entschließen von der bewährten Bauweise abzugehen. Bemerkenswert ist übrigens, daß diese erste Ausführung gerade in Amerika zustande kam, obwohl gerade dort die den theoretischen Annahmen besser entsprechende Bolzenverbindung der Nietung vorgezogen wird und der Schweißung doch die Nachteile der genieteten Anschlüsse, nämlich nicht kontrollierbare Spannungen an den Knoten, in erhöhtem Maße anhaften.

(Railway Age, 24. März 1928.)

Gleisumbau im Winter.

In Amerika hat sich ein Ausschuß gebildet, der die Möglichkeit und die Vorteile untersucht, im Winter Gleisumbauten durchzuführen, um dadurch die Zahl der Arbeiter durch das ganze Jahr gleich zu halten und einen gut ausgebildeten Stamm an Arbeitern zu bekommen.

Die Arbeiten im Winter bedeuten eine Entlastung des Frühjahr und des Sommers. Der Verkehr auf den meisten Linien ist im Winter wesentlich schwächer als in der guten Jahreszeit. Infolgedessen werden die Arbeiten durch den Verkehr weniger gestört. Die Verteilung der Arbeiten auch auf den Winter



Untergurt-Knoten.

ermöglicht, eine fast gleiche Arbeiterzahl während des ganzen Jahres durchzuhalten, während jetzt zu Beginn des Winters viele, oft die besten Arbeiter entlassen werden müssen. Das Schwanken der Arbeiterzahl und der ständige Wechsel in den Arbeitskräften hat die Verwendung von vielfach ungeschulten Leuten zur Folge. — In Amerika sind nach Ansicht des Ausschusses wenig Gegenden, in denen im Winter Gleisumbauten nicht ausgeführt werden können. Die Meinung der Ausschussmitglieder bezüglich Kosten und Güte der Arbeit ist jedoch verschieden. Die Kosten für die Winterarbeit werden allerdings in manchen Gegenden höher sein, doch stehen diesen geringen Mehrkosten die oben angeführten Vorteile gegenüber.

(Railway Age, 1928 Heft 13.)

Wa.

Verschiedenes.

Kreditabkommen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft zur Vergebung von Waggonaufträgen.

Das schon lange erörterte Kreditabkommen wegen Vergebung von Waggonaufträgen ist nunmehr zustande gekommen. Es handelt sich bei diesem Kreditabkommen um einen Kredit, der von der deutschen Wagenvereinigung der Reichsbahn gegeben wird und für den die Reichsbahn einen Zinssatz von 6,9% zahlt. Dieser Kredit beläuft sich auf 100 Millionen und bedeutet einen Notbehelf, um dem von der Reichsbahn in Aussicht genommenen, bisher gedrosselten Beschaffungsprogramm gerecht zu werden.

Auf Grund dieses nunmehr getroffenen Kreditabkommens werden an die deutsche Wagenbauvereinigung vergeben: 2100 Personenwagen und 200 Gepäckwagen. Bei den Personenwagen handelt es sich um 100 D-Zugwagen 1., 2. und 3. Klasse, 50 vierachsige Durchgangswagen neuer Bauart für Personenzüge, 1000 2. Klassewagen, 500 kombinierte 2./3. Klassewagen, 450 3. Klassewagen. Durch diese Vergebung beläuft sich dann insgesamt das Beschaffungsprogramm entsprechend dem Beschaffungsplan für 1930 auf 198 Millionen R.M. Die Ablieferung der bestellten Wagen soll im Frühjahr 1930 erfolgen.

Zuschriften an die Schriftleitung.

Von dem Verfasser des Aufsatzes „Zugwiderstände und Fahrzeitenberechnung“ Herrn Regierungs- und Baurat Czygan erhalten wir folgende Zuschrift:

Im Heft 10 des „Organs“ von diesem Jahre hat Herr Reichsbahnoberrat Prof. Nordmann meinen im Heft 3 des Organs erschienenen Aufsatz in einer Form besprochen, die einer sehr ernsten Abwehr bedarf. Ich unterlasse es, dem Herrn Nordmann in der von ihm beliebten Tonart zu antworten, da es nach

meiner Auffassung den in wissenschaftlichen Kreisen herrschenden Grundsätzen allein entspricht, aus einer wissenschaftlichen Erörterung alle persönlichen Angriffe unbedingt auszuschalten und sie, wenn man ihnen dennoch begegnet, vollkommen unbeachtet zu lassen.

Da mir für meine Erwiderung nur ein sehr beschränkter Raum zur Verfügung gestellt worden ist, muß ich mich damit begnügen, die Grundgedanken meiner Abhandlung, in die Herr

Nordmann offenbar gar nicht eingedrungen ist, hier für meine ruhig und wohlwollend denkenden Fachgenossen nochmals klar zu umgrenzen.

Wer die hochinteressanten Eigenschaften unseres Oberbaues und die Mechanik der Zugbewegungen auf demselben gründlich studiert hat, weiß, daß die Wirkungen zwischen Rad und Schiene und ihre Einflüsse auf den Bewegungswiderstand der Eisenbahnfahrzeuge außerordentlich mannigfaltig sind und auch durch kleine Änderungen am Oberbau oder an den Fahrzeugen sehr wesentlich beeinflusst werden können. Von vielen Beispielen sei hier nur eines kurz angeführt. Bei den alten Schienen ist bekanntlich die Seitenfläche des Kopfes senkrecht; beim neuen Reichsoberbau K geht sie keilförmig schräg nach oben; auch ist die Oberfläche des Kopfes mit einem Halbmesser von 200 mm besser abgerundet. Dadurch erhalten die Stützflächen von Rad auf Schiene, aus denen die Zugwiderstände entspringen und sich mit jedem Zentimeter des Zuglaufs ständig vermehren, eine ganz veränderte Gestalt; vor allem aber ist die Berührung des Spurkranzes mit dem Schienenkopfe, die besonders in den Gleisbogen den Widerstand so erheblich vermehrt, nunmehr eine ganz andere. Diese sehr vielgestaltigen aber grundlegenden Beziehungen können durch den in einige Züge eingestellten Lokomotivmeßwagen unmöglich erfaßt werden und habe ich daher nach wie vor die feste — natürlich rein persönliche — Überzeugung, daß nach der in der Neuzeit eingetretenen großen Umwälzung unseres Oberbaues die alten, aus ganz anderen Verhältnissen hervorgegangenen Formeln zur Ermittlung des Zugwiderstandes überhaupt nicht mehr brauchbar sind, auch dann nicht, wenn einige Werte darin geändert werden. Leicht zu beweisende Tatsache ist es aber, daß zur Herstellung der s/V -Diagramme für die verschiedenen zeichnerischen Verfahren und auch für die zahlreichen Berechnungsarten die alten Formeln, wenn auch mit einigen Änderungen — hauptsächlich aber die uralte v. Roecklsche Formel für den Krümmungswiderstand — heute immer noch benutzt werden. Ich bin daher der festen — wiederum rein persönlichen — Meinung, daß wir nun die Versuche, die unsere Vorfahren mit so vielem Fleiß ausgeführt haben, im Zwange der ganz veränderten Verhältnisse erneuern müssen, und zwar in großem Umfange, wenn wir zu einigermaßen brauchbaren Widerstandsformeln gelangen wollen. Da nun solche Versuche natürlich sehr viel Geld kosten, mache ich den Vorschlag, die zur Berechnung der Fahrzeiten nötigen Unterlagen kostenlos aus dem Betriebe selbst zu entnehmen. Auf unserm großen Eisenbahnnetz kommen alle nur irgend denkbaren Verhältnisse vor, und es ist eine geringe Mühe, für jeden Fall auf einer Karte durch zweckmäßig gewählte Zahlen zu vermerken, welche Last eine bestimmte Lokomotive auf einer Steigung oder in einem Bogen bewegt hat und mit welcher Geschwindigkeit, welche Dampfspannung sie dabei gehabt hat, welcher Wind geherrscht hat usw. Wir würden dann viele tausend wertvolle Unterlagen erhalten, die der Wirklichkeit entnommen sind, und aus denen wir mit Hilfe unseres sehr gut bewährten Lochkartenverfahrens und der vorzüglichen Hollerith-Maschinen binnen kürzester Frist ein Durchschnittsergebnis gewinnen können, dem wir ruhig vertrauen dürfen.

Einen solchen, durchaus wohlgemeinten Vorschlag zu machen, ist das gute Recht eines freien Schriftwerkes, und wenn Herr Nordmann denselben noch am Schlusse seiner Auslassungen als: „so leichtfertig begründete Czygansche Zugführerkarte“ bezeichnet, so überlasse ich es dem Urteil meiner Fachgenossen, welche Antwort eine solche Äußerung verdient. Im übrigen halte ich alle Ausführungen meiner Abhandlung in vollem Umfange aufrecht. Wenn wir alles Bestehende als tadellos betrachten wollen, dann wird eben jeder Fortschritt unseres Eisenbahnwesens schon in der Wiege erdrosselt.“

Czygan, Regierungs- und Baurat.

Zu vorstehenden Ausführungen geben wir nachstehend Herrn Reichsbahnoberrat Prof. Nordmann nochmals das Wort. Wir betrachten den Meinungsaustausch damit als abgeschlossen.

„Zu der Erwiderung des Herrn Regierungs- und Baurat Czygan, die doch auch ihrerseits Schärfen keineswegs vermeidet, gestatte ich mir folgende sachliche Bemerkungen:

1. Herr Czygan sieht in seiner Erwiderung eine Reformbedürftigkeit der Zugwiderstandsformeln in den Fortschritten des Oberbaus. Das schafft indes den Umstand nicht aus der Welt, daß in dem ursprünglichen Aufsatz die abweichenden Zahlenwerte verschiedener Widerstandsformeln in einer Unsicherheit an sich gesucht wurden, statt in den ganz verschiedenen Fahrzeugen, die den älteren und neueren Widerstandsformeln zugrunde lagen. Daß für die verschiedenen Fahrzeugarten auch verschiedene Widerstandsformeln anzuwenden sind, ist seit reichlich zwei Jahrzehnten Allgemeingut der Literatur.

2. Ein Einfluß des Oberbaus auf den Zugwiderstand ist ja von mir ausdrücklich zugegeben worden. Herr Czygan täuscht sich nur über die Größe dieses Einflusses; denn auf gute Lage des Oberbaus ist doch auch früher schon Wert gelegt worden. Die Vervollkommnung der letzten Jahre wird wohl eine gewisse Verminderung des Zugwiderstandes im Gefolge haben, ohne indes seine Größenordnung wesentlich zu verschieben. Denn neben den geringeren Stoßverlusten bleiben die übrigen, meist wesentlich größeren Komponenten des Zugwiderstandes, Achslagerreibung, rollende Reibung, Luftwiderstand, Steigungen und Krümmungen unverändert bestehen. Daß es überhaupt nicht möglich sei, durch Verkleinerung einer Art Stoßkoeffizienten, wie ihn Frank zuerst eingeführt hat, dem Oberbau Rechnung zu zu tragen, ist eine Behauptung, der ich nicht beizutreten vermag. Der Stoßkoeffizient würde sogar durch Nullsetzung dem absoluten Ideal des Oberbaus Rechnung tragen können, und auch seine quadratische Natur erscheint doch mindestens wahrscheinlich, da es sich vorwiegend um Stöße handelt.

Vor allem aber bietet eine etwas zu große Widerstandsformel für die Fahrzeitenbestimmung keinerlei Gefahr. Eine wesentlich zu große Formel würde sogar zu einer Verkürzung der Fahrzeiten führen können. Aber davon spricht Herr Czygan nirgends.

3. Daß im s/V -Diagramm die Zugwiderstandsformel der betreffenden Zuggattung steckt, deren Fehlerhaftigkeit Herr Czygan, wie gesagt, überschätzt, ist richtig. Dafür sind aber die genau gemessenen Zugkräfte der Lokomotive der Ausgangspunkt (vergl. Punkt 5); etwas zu groß eingesetzte Widerstände wären harmlos (vergl. Punkt 2).

4. Mit dem Wunsch, die v. Roecklsche Krümmungswiderstandsformel — wohlgerneht für die Hauptfahrzeugarten — einer Nachprüfung zu unterziehen, kann ich mich einverstanden erklären. Ich habe den gleichen Wunsch bereits 1916 in „Glaser's Annalen“ 1. Halbband, Seite 136) geäußert.

Im übrigen geschieht auf dem Gebiet der Zugwiderstandsversuche z. Z. viel mehr, als Herr Czygan zu glauben scheint. Von einem „in einige Züge eingestellten Lokomotivmeßwagen“ zu sprechen ist in diesem Zusammenhang eine vollständig abwegige Vorstellung; für systematische Untersuchungen werden naturgemäß immer besondere Züge gefahren, deren Fahrbedingungen man durchaus in der Hand hat.

5. Herr Czygan hält seinen Standpunkt trotz des ausdrücklichen Hinweises in meiner Erwiderung, daß wir die Lokomotivbelastung für volle Kesselanstrengung durch genaue Messungen feststellen, aufrecht. Damit will er also weiterhin die erfreulicherweise erreichte, objektiv richtige Lokomotivbelastung durch das vieldeutige, unsichere subjektive Verfahren ersetzen, das letzten Endes den Lokomotivführer allein zur Autorität der Fahrzeiten macht und gelegentliche Störungen und Unvollkommenheiten im Zuglauf in die Regelfahrzeit hereinbringt.

Der ursprüngliche Aufsatz, der unnötige Zweifel gegen wohl durchdachte Regeln äußerte und in bezug auf die Feststellung der Lokomotivleistung, wenn auch gewiß guten Glaubens, aber ohne Beachtung reichlich vorhandenen Materials einen Rückschritt empfahl, ist nicht etwa von mir allein als dem Sachverhalt nicht entsprechend empfunden worden; deshalb würde auch eine Erwiderung aus anderer sachverständiger Feder einer gewissen Schärfe wohl nicht entbehren haben.“ Nordmann.