

Geschweißte Brücken der Deutschen Reichsbahn.

Von Reichsbahnrat I. Zillinger, Berlin.

In der Ausstellung „Elektrowärme“, die im Sommer 1933 in Essen stattfand, mußten die geschweißten Brücken auf dem Ausstellungsstand der Deutschen Reichsbahn jedem Besucher auffallen. Viele waren überrascht, daß das Schweißverfahren,

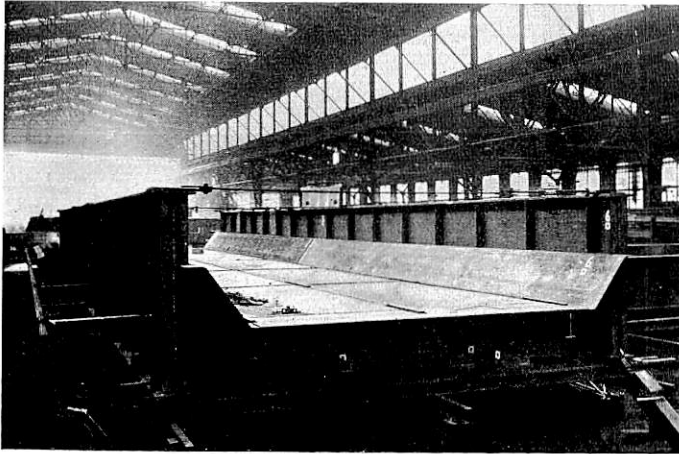


Abb. 1. Geschweißte Werkbahnbrücke 1931.

das erst vor wenig Jahren in den Eisenbahnbrückenbau eingeführt worden ist, schon solche Fortschritte gemacht hat. Im folgenden soll daher die Entwicklung des Baues geschweißter Reichsbahnbrücken an einigen Beispielen gezeigt werden.

uns geschweißte Brücken baute. Im Bewußtsein der gewaltigen Verantwortung ließ man in Deutschland bei der Einführung des Schweißens in den Eisenbahnbrückenbau die größte Vorsicht walten und ging nur schrittweise vorwärts, obwohl nicht zu verkennen war, daß das Schweißen erhebliche Vorteile bringen würde.

Vor allem werden geschweißte Brücken aus mehreren Gründen leichter als genietete: Die Schweißnähte wiegen weniger als die weggefallenen Nietköpfe; in gezogenen Bauteilen braucht man keine Nietlochverschwächung abzuziehen und kommt daher mit geringeren Querschnitten aus; schließlich ist man freier in der Gestaltung der Bauwerke, man kann besser als bei genieteten Brücken die Querschnittsmassen dort anordnen, wo sie statisch am wirksamsten sind. Der Einheitspreis für 1 t Stahl geschweißter Brücken ist im allgemeinen nicht höher als der für 1 t Stahl genieteter. Durch das geringere Gewicht der geschweißten Brücken spart man also an Baukosten. Zu diesem wirtschaftlichen Vorteil kommt noch der Umstand, daß das Schweißen verhältnismäßig geräuschlos ist, während der Lärm des Nietens in der Nähe bewohnter Häuser als außerordentlich lästig empfunden wird. Endlich ist ästhetisch eine geschweißte Brücke mit ihren klaren, ruhigen Linien einer genieteten unbedingt vorzuziehen. Ganz besonders gut ist das Schweißverfahren für die Verstärkung zu schwacher Überbauten geeignet. In den meisten Fällen kann man die Verstärkungsteile in Zugpausen ohne weiteres aufschweißen, während es bei der Verstärkung durch Nietung erforderlich ist, zunächst die vorhandenen Niete herauszuschlagen. Hierdurch

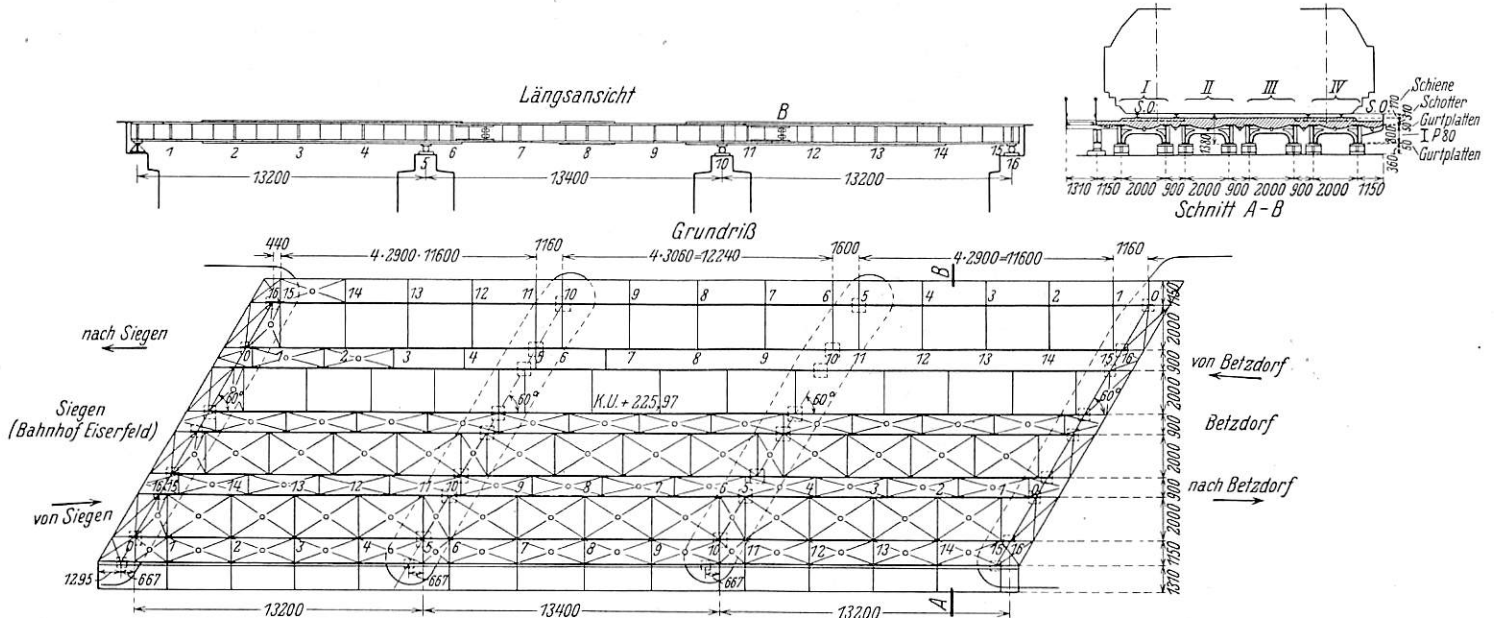


Abb. 2. Brücke mit acht Hauptträgern.

Im In- und Ausland benutzt man die Schweißung schon seit einer Reihe von Jahren sowohl in der Industrie wie auch im Schiffbau und im Stahlhochbau mit gutem Erfolge. Auf Grund der dabei gewonnenen Erfahrungen wurden in Amerika und in einigen Nachbarländern Deutschlands stählerne Brücken für Straßen und für Werkbahnen geschweißt, bevor man bei

sinkt der Wert der Nietverbindungen. Außerdem ist das Lösen der alten Niete bei Brücken, die während der Verstärkung im Betriebe bleiben müssen, nur mit größter Vorsicht ausführbar.

Alle diese Vorteile hätten nicht den Ausschlag für die Anwendung des Schweißens im Eisenbahnbrückenbau geben können, wenn es den geschweißten Bauwerken an der hin-

reichenden Sicherheit fehlte. Über diese Frage mußte vor allem Klarheit geschaffen werden. Die Reichsbahn leitete daher umfangreiche Versuche ein, zum Teil in Gemeinschaft mit dem Deutschen Stahlbauverband, um festzustellen, ob die Schweißnähte ausreichende statische und dynamische

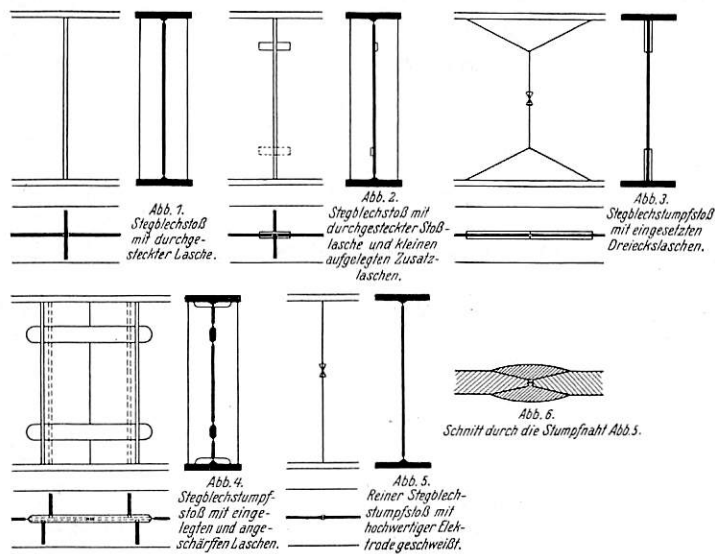


Abb. 3. Stegblechstöße.

Festigkeit haben. Erst nach dem befriedigenden Ergebnis der Versuche entschloß sich die Reichsbahn im Jahre 1929 zum Bau geschweißter Ingenieurhochbauten und Brücken.

Die erste geschweißte Brücke, einen Blechträger von 10,0 m Stützweite, stellte die Reichsbahn 1930 her und baute sie zunächst in ein nicht im Betriebe befindliches Gleis ein.

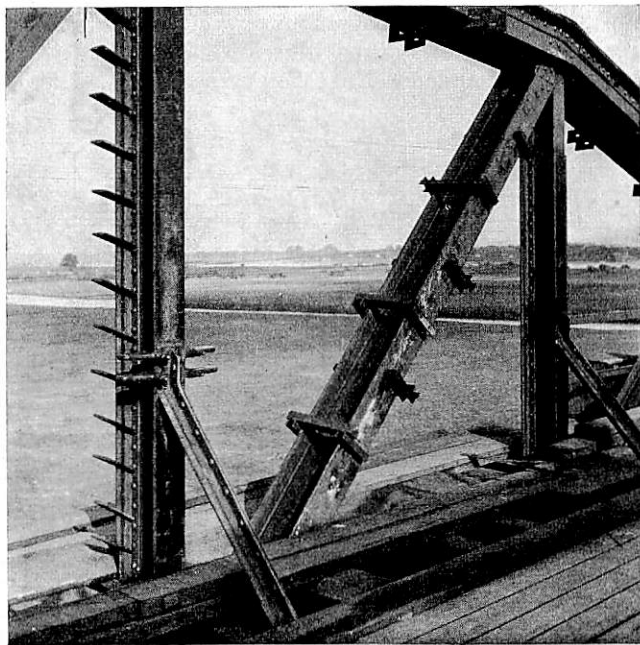


Abb. 4. Verstärkung von Fachwerkdiazonalen durch Schweißung.

Eingehende Prüfungen der Brücke und Belastungsversuche verliefen günstig. Der Überbau wurde daher wieder ausgebaut, in ein Hauptbahngleis verlegt und sein Verhalten im Betriebe beobachtet. Das Bauwerk war die erste vollständig geschweißte Stahlbrücke der Welt für Vollbahnbetrieb. Im Jahre 1930 wurden mehrere Reichsbahnbrücken, die den angewachsenen Lasten der Lokomotiven nicht mehr genügten, durch Schweißung verstärkt. Die Verstärkungen bewährten sich

ebenso wie die vollständig geschweißte Brücke, es zeigten sich unter den Beanspruchungen des Betriebes keinerlei Schäden.

Nach diesem Erfolge wurde das Schweißverfahren 1931 in größerem Umfang angewendet. Die Reichsbahn führte neun geschweißte Überbauten aus. Der größte davon hat 14,4 m Stützweite. Auch ein Rahmen wurde 1931 im Schweißverfahren hergestellt. Er bildet die Mittelstütze eines über zwei Öffnungen durchlaufenden Überbaues, der als Überführung einer Bahnlinie über eine andere dient, und zwar unter spitzem Kreuzungswinkel. Der Rahmen hat 10,0 m Stützweite und ist doppelwandig ausgebildet. Der Riegel und die beiden Stützen bestehen aus je zwei nebeneinander liegenden Peiner-Trägern, die durch Gurtplatten verstärkt sind. Diese laufen innen und außen um den Rahmen herum und sind nirgends gestoßen. In der Vermeidung von Stößen sieht man einen Vorteil, weil ihre technisch und wirtschaftlich einwandfreie Ausbildung nach den z. Z. geltenden Vorschriften für geschweißte Stahlbauten nicht einfach ist. Der Querriegel liegt auf den waagerechten

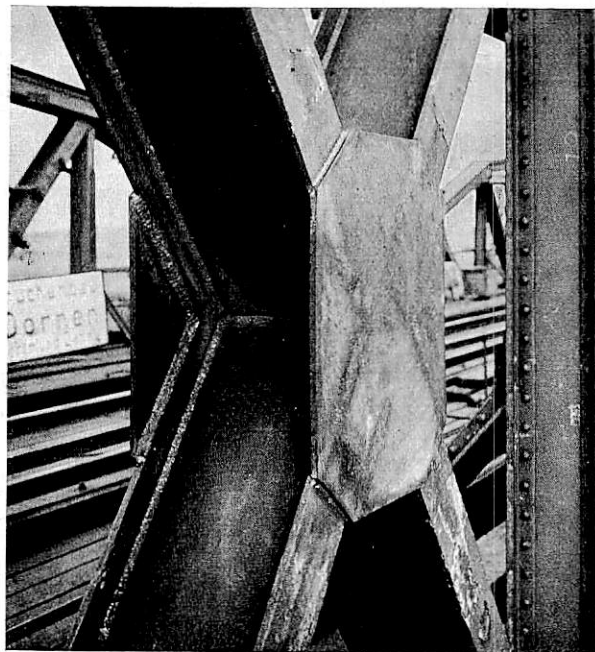


Abb. 5. Verstärkung von Fachwerkdiazonalen durch Schweißung.

Endflächen der Seitenstützen auf, so daß der senkrechte Druck des auf dem Portal ruhenden Überbaues mit Sicherheit auf die Lager übertragen wird.

Die bisher behandelten Bauwerke bestehen aus Flußstahl St 37. Ende 1931 ist aber auch schon eine Brücke aus hochwertigem Baustahl St 52 geschweißt worden. Sie soll hier erwähnt werden, obwohl sie nicht von der Reichsbahn ausgeführt wurde. Das Bauwerk (Abb. 1) liegt in einer Werkbahn, die von Reichsbahnlokomotiven befahren wird. Der Überbau ist eingleisig, er hat 15,16 m Stützweite. Sein Gesamtgewicht beträgt etwa 25,2 t. Für die Gurte der Hauptträger sind Nasenprofile der Vereinigten Stahlwerke gewählt worden. Die Gurtplatten gehen ohne Stoß in gleicher Dicke über die Brücklänge durch. Auch die Stegbleche der Hauptträger haben keine Stöße. Die Querträger liegen auf den Untergurten der Hauptträger auf.

Im Jahre 1932 erbaute die Reichsbahn 15 geschweißte Überbauten. Dazu gehört auch eine Brücke mit acht nebeneinander liegenden Hauptträgern, die über drei Öffnungen von 13,2 m, 13,4 m und 13,2 m Stützweite durchlaufen (Abb. 2). Je zwei Hauptträger sind durch Querträger zusammengefaßt. Zwischen allen Hauptträgern liegen Buckelbleche, die eine zusammenhängende Fahrbahnplatte bilden. Die Untergurte

der Querträger sind bis auf die der Hauptträger herabgezogen. Die Hauptträger bestehen aus Peiner-Trägern, die durch aufgeschweißte Gurtplatten verstärkt sind. Jeder Hauptträger ist in zwei Öffnungen gestoßen, und zwar dort, wo die kleinsten Biegemomente auftreten. Die Stegblechstöße wurden durch eine quer durchgesteckte Stoßlasche mit beiderseits aufgelegten kleinen Zusatzlaschen gedeckt. Ein ähnlicher Stegblechstoß ist auf Abb. 3 in der mittleren Skizze der oberen

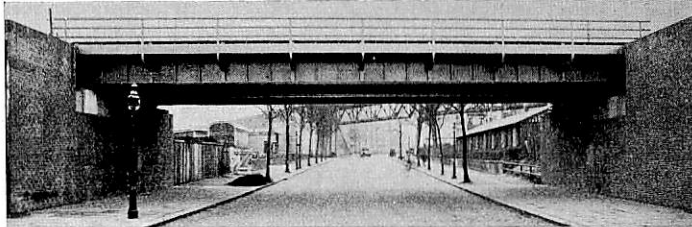


Abb. 6. Geschweißter Überbau einer Straßenunterführung.

Reihe dargestellt. Hier sind aber abweichend von der Bauweise der beschriebenen Brücke als Gurtplatten Wulstbreiteneisen der Firma Dörnen, Dortmund-Derne gewählt worden. Auf der Brücke liegen zwei Gleise und eine Weiche in einem Schotterbett, das über die ganze Brückenbreite reicht. Hierdurch sind künftige Änderungen der Gleislage, mit denen wegen der unmittelbaren Nähe eines Bahnhofs gerechnet werden muß, ohne weiteres möglich.

Während die neuen geschweißten Überbauten bisher sämtlich Blechträger waren, finden wir unter den durch Schweißung verstärkten Brücken sowohl vollwandige Träger wie Fachwerke. Auf den Abb. 4 und 5 sieht man die Verstärkung eines Schwedler-Trägers von 33,89 m Stützweite. Der Überbau hatte schlanke Diagonalen, die sich bei Belastung der Brücke seitlich ausbogen. Der ganze Träger schwankte bei der Überfahrt der Züge und wies eine starke Durchbiegung auf. Diese Mängel beseitigte man dadurch, daß man einen Teil der Diagonalen durch eingeschweißte Stege biegefest machte, die übrigen entfernte und die Pfosten durch aufgeschweißte

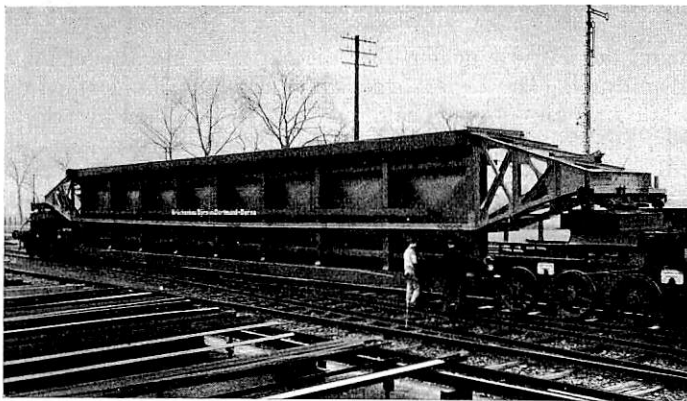


Abb. 7. Geschweißter Überbau auf Eisenbahnwagen verladen.

Lamellen verstärkte. Abb. 4 läßt erkennen, wie die einzelnen Teile für die Ausführung der Arbeit verklammert wurden. Auf die verbleibenden Kreuzungspunkte der Diagonalen schweißte man Knotenbleche (Abb. 5).

Unter den 1933 fertiggestellten 52 geschweißten Überbauten sind einige Unterführungen städtischer Straßen. Abb. 6 veranschaulicht die günstige ästhetische Wirkung eines solchen Bauwerks. Zwei eingleisige Überbauten von 21,1 m Stützweite liegen hier nebeneinander. Die verfügbare Bauhöhe war gering, und die Stegbleche der Hauptträger konnten nur 1,50 m hoch angeordnet werden. Daher wurde für die Hauptträger St 52

gewählt, während man für die Fahrbahn St 37 verwendete. Die Stegbleche und Gurtplatten der Hauptträger sind nicht gestoßen. Die äußeren Gurtplatten hat man an ihren Enden im Längsschnitt abgeflacht und im Grundriß verschmälert, was aus Abb. 7 zu ersehen ist. Durch diese Ausbildung der Gurtplatten wird ein allmählicher Übergang von dem Querschnitt mit zwei Gurtplatten zu dem mit einer Gurtplatte erreicht. Ein plötzlicher Querschnittwechsel würde nachteilige Span-

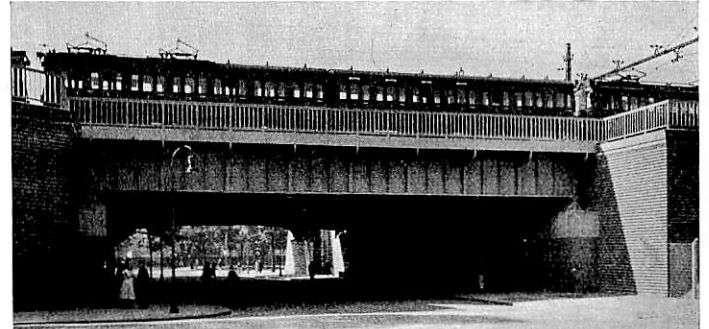


Abb. 8. Überbau einer Straßenunterführung. Hauptträger ohne Stoß.

nungsspitzen in den Gurtungen hervorrufen. Die Überbauten dieser Brücke wurden in der Werkstatt völlig fertiggestellt und als Ganzes zur Baustelle befördert. An den Enden befestigte Hilfskonstruktionen dienten dazu, sie drehbar auf Eisenbahnfahrzeuge zu lagern. Hierbei mußte mit Rücksicht auf die Umgrenzung des lichten Raumes die Seitenlage gewählt werden.

Die meisten geschweißten Brücken der Reichsbahn sind ebenso wie die vorstehend besprochenen in den verschiedenen Brückenbauanstalten fertig geschweißte und auf Eisenbahnwagen an den Ort ihrer Verwendung gebracht worden. Für die Fertigstellung in der Werkstatt sprechen wichtige Gründe.

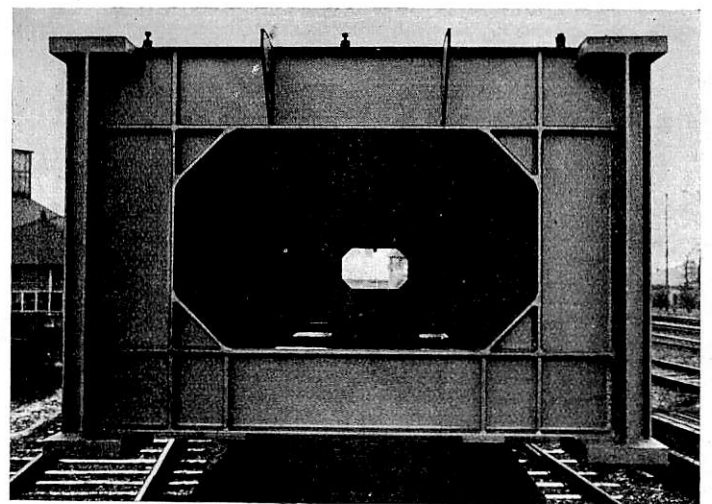


Abb. 9. Geschweißter Endrahmen.

Zunächst kann die Ausführung der Schweißarbeiten sorgfältiger überwacht werden als auf der Baustelle. Außerdem wird die Leistungsfähigkeit der Arbeiter in der geschlossenen Halle nicht durch Witterungseinflüsse herabgesetzt, und es steht eine reichere Auswahl an Geräten und Maschinen zur Verfügung als auf der Baustelle. Die beiden letzten Umstände beeinflussen die Güte der Schweißungen stark. Die scharfe Beaufsichtigung der Schweißarbeit ist unbedingt nötig, weil die Prüfung der fertigen Schweißnähte umständlich ist und große Erfahrung erfordert. Es gibt zwar mehrere gut durchgebildete Prüfverfahren, z. B. die Durchleuchtung der Schweiß-

nähte mit Röntgenstrahlen, die stichprobenweise Anfräsung mit dem Gerät von Dr. Schmuckler und die magnetisch-akustische Untersuchung mit dem Schweißnahtprüfer der AEG. Aber keines dieser Verfahren ist so einfach und billig wie das Abklopfen der Niete mit dem Hammer. Während man darum bei genieteten Brücken den Zusammenbau auf der Baustelle nicht zu scheuen braucht, führt man bei geschweißten einen möglichst großen Teil der Arbeit in der Werkstatt aus, auch

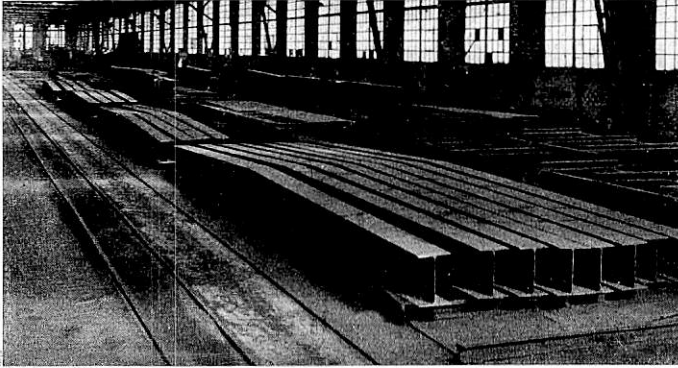


Abb. 10. Dachförmige, geschweißte Träger.

wenn für die umständliche Verladung und für die Beförderung des Überbaues in einem Stück erhöhte Kosten entstehen.

Abb. 8 stellt eine Straßenunterführung von 24,0 m Stützweite dar. Die Hauptträgergurte des eingeleigten Überbaues bestehen hier aus je einer ungestoßenen Platte von 350×75 mm Querschnitt. Abb. 9 ist ein Durchblick durch den auf Eisenbahnfahrzeuge verladenen Überbau. Man erkennt die außerordentlich kräftige Ausbildung des Endquerrahmens, mit dessen Hilfe der Überbau durch untergesetzte Pressen angehoben werden kann. Der Baustoff der Brücke ist St 37.

Bei einem Kreuzungsbauwerk zweier Eisenbahnlinien hat man eine ganz andere Bauweise gewählt. Die Stützweite der Brücke beträgt 8,50 m und die Bauhöhe ist äußerst gering.



Abb. 11. Geschweißte Träger, zum Einbetonieren verlegt.

Der Überbau wird aus vier dicht nebeneinanderliegenden, in sich geschlossenen Kästen gebildet. Jeder Kasten besteht aus fünf bis sechs gleichlaufenden Stegblechen, die oben und unten durch Flachbleche verbunden und in der Querrichtung genügend ausgesteift sind. Die Stegbleche haben etwa 50 cm gegenseitigen Abstand. Sie sind in Brückenmitte 34 cm und über den Lagern 27 cm hoch. Das Bauwerk trägt zwei Gleise und eine Weiche, die Bettung geht über seine ganze Breite durch. Die Unterfläche des Überbaues ist vollständig eben, so daß die Rauchgase der auf den unteren Gleisen verkehrenden Lokomotiven schnell abziehen können.

Für mehrere Überbauten aus Trägern in Beton sind im Jahre 1933 geschweißte Träger an Stelle von Walzträgern verwendet worden. Diese neue Bauweise gewährt wichtige Vorteile. Die geschweißten Träger erhalten, entsprechend dem Verlauf der Momentenlinie, über den Lagern eine geringere Höhe als in Brückenmitte (Abb. 10). Hierdurch spart man im Vergleich zu Walzträgern an Stahlgewicht, so daß der für die geschweißten Träger zu bezahlende höhere Einheitspreis ausgeglichen wird. Da die oberen Flansche der geschweißten Träger von der Brückenmitte nach den Lagern Gefälle haben, braucht man nur so viel Betonüberdeckung, daß die Oberfläche der Fahrtafel die nötige Abflußneigung von 1:20 bekommt. Diese Neigung muß bei Walzträgern durch den Beton allein hergestellt werden. Man spart also bei Verwendung geschweißter Träger an Beton und gewinnt an Bauhöhe.

Die folgenden Abb. 11 und 12 zeigen die Unterführung einer städtischen Straße, bei der einbetonierte geschweißte Träger über drei Öffnungen von 7,24 m, 15,62 m und 7,24 m Stützweite durchgeführt sind (Abb. 11). Die Zwischenunterstützungen werden durch zwei Reihen von Portalen mit eingehängten Trägern gebildet (Abb. 11 und 12). Die inneren Gurt-

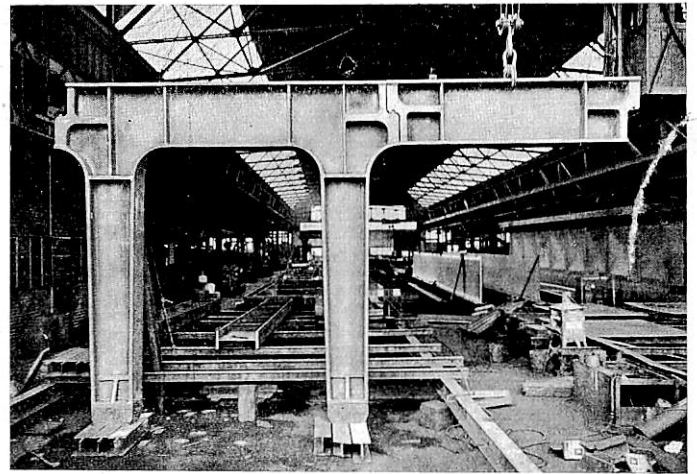


Abb. 12. Geschweißtes Portal mit eingefügtem Zwischenträger.

platten der Portale gehen über die Stützen und Riegel ungestoßen durch. Die Lagerkörper an den kurzen Kragarmen der Portale und an den eingehängten Trägern bestehen aus Stahlguß. Die Stegbleche sind in Schlitze der Lagerkörper eingeführt und mit diesen verschweißt. Die Schweißung zwischen Stahlguß und Walzstahl war besonders schwierig und bedurfte außergewöhnlicher Sorgfalt.

Aus der großen Zahl der im Jahre 1933 durch Schweißung verstärkten Brücken sei die Verstärkung eines Fachwerkträgers von 67,79 m Stützweite hervorgehoben. Das System der Hauptträger war durch die zweifachen Streben statisch unklar. Die Diagonalen waren nicht biegezugfest, sie bogen sich bei Belastung des Bauwerks aus. Zur Abhilfe schuf man im Mittelfeld eine durch zwei Diagonalenkreuze gebildete starre Scheibe. Von den Diagonalen der anderen Felder blieben nur so viele erhalten, daß ein klares Dreieckssystem entstand. Die übrigen wurden beseitigt. Zur Versteifung der verbleibenden Diagonalen dienen eingeschweißte Stege, die nach der Art des Vierendeelträgers durchbrochen und an den Rändern der Aussparungen umgebördelt sind (Abb. 13).

Bemerkenswert sind die verschiedenen Wege, die zwei Firmen zur Lösung derselben Aufgabe eingeschlagen haben. Es handelte sich um zwei Überbauten mit geschweißten Hauptträgern von 33,6 m Stützweite für ein größeres Bauwerk, das außer den zwei geschweißten noch sechs genietete Überbauten erhält. Der Einbau genieteter und geschweißter Über-

bauten gleicher Stützweite in demselben Bauwerk ermöglicht einen lehrreichen Vergleich großen Maßstabes zwischen Nietung und Schweißung zunächst in bezug auf die Baukosten und später in bezug auf die Bewährung im Betriebe. Die beiden geschweißten Überbauten sind von den beteiligten Firmen in mehreren Punkten abweichend ausgebildet worden. Eine Firma hat für die Gurtungen der Hauptträger je zwei Gurtplatten ohne Stöße gewählt, die andere verwendet drei Gurtplatten, von denen die innerste einen Stumpfstoß aufweist,

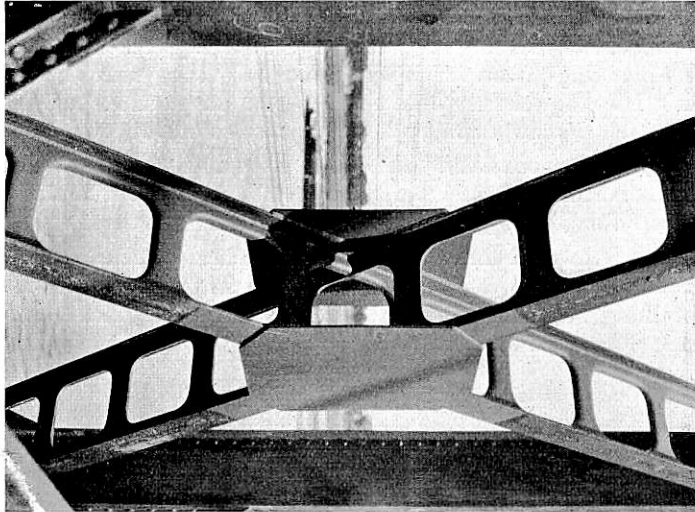


Abb. 13. Durch eingeschweißte Stege versteifte Diagonalen.

während die beiden äußeren kürzeren Gurtplatten keine Stöße haben. Die Untergurte der geschweißten Querträger sind bei der einen Firma an den Enden abwärts gebogen und auf die Untergurte der Hauptträger gestellt worden. Die andere Firma hat den Querträgern gerade Untergurte gegeben und sie auf die Hauptträgeruntergurte aufgelegt. Die etwa 2,8 m hohen Stegbleche der Hauptträger haben bei beiden Firmen je zwei Stöße erhalten. Die eine Firma sah einen lotrechten Stumpfstoß mit Einschaltung dickerer Laschen vor. Dieser Stoß ist auf Abb. 3 links unten veranschaulicht. Abb. 15 zeigt einen Hauptträger der Brücke mit derselben Stoßausbildung. Die andere Firma wählte einen schwalbenschwanzförmigen

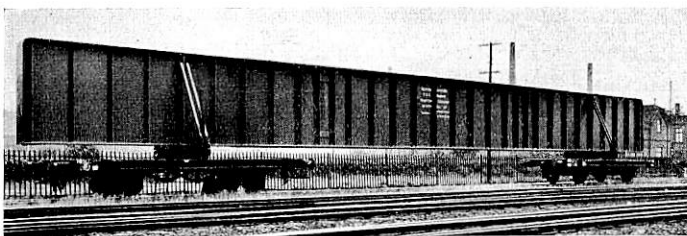


Abb. 14. Geschweißter Hauptträger mit durch Laschen verstärkten Stumpfstoßen.

Längsträger sowie der Wind- und der Bremsverband werden auf der Baustelle eingefügt. Hierzu ist teils Schweißung, teils Nietung vorgesehen. Das Bauwerk soll im Jahre 1935 fertig werden. Als Baustoff wurde St 37 gewählt.

Die bei der vorstehend beschriebenen Brücke erreichte Stützweite von 33,6 m stellt noch nicht das Ende der Entwicklung der geschweißten Blechträger dar. Gegenwärtig, im Oktober 1934, sind zwei vollständig geschweißte Überbauten von 52 m Stützweite im Bau. Die innerste Gurtplatte jedes

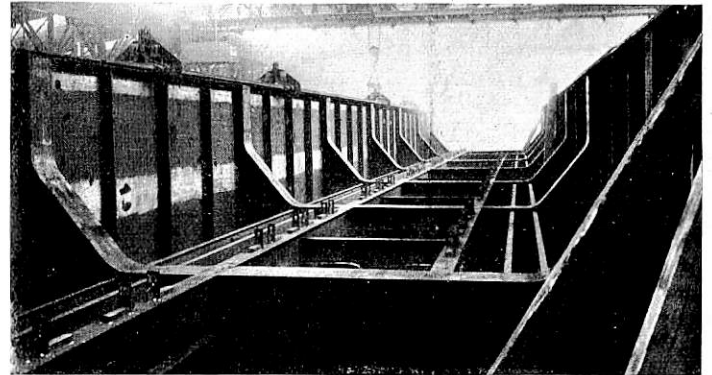


Abb. 15. Überbau mit schwalbenschwanzförmig gestoßenem Stegblech.

Hauptträgergurttes läuft über die ganze Länge eines Überbaues ungestoßen durch. Die Walzung dieser 53 m langen Platten von 540×40 mm Querschnitt war ein Meisterstück deutscher Walztechnik. Jeder Gurt hat noch zwei kürzere Gurtplatten erhalten, die an ihren Enden in der üblichen Weise angeschärft sind. Die 3,60 m hohen Stegbleche weisen in jedem Hauptträger vier Stumpfstoße von der auf Abb. 3

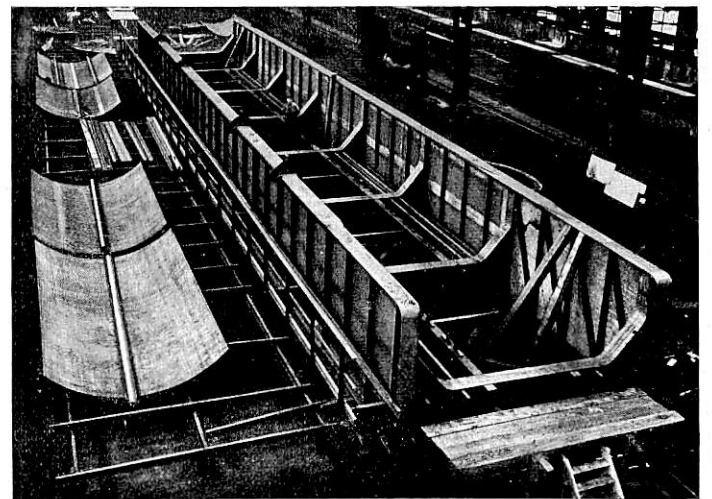


Abb. 16. In der Werkstatt probeweise zusammengesetzter Überbau.

rechts unten dargestellten Form auf. Die Hauptträger sind in der Werkstatt fertig geschweißt worden. Sie konnten trotz ihren bedeutenden Abmessungen eben noch im ganzen auf der Eisenbahn zur Baustelle befördert werden. Bei weiterem Anwachsen der Stützweite wird das nicht mehr möglich sein. Die Fahrbahnträger, der Windverband und der Bremsverband werden auf der Baustelle eingeschweißt.

Von den übrigen im Jahre 1934 ausgeführten geschweißten Brücken sei zunächst das in Abb. 17 wiedergegebene Portal genannt. Es dient als Zwischenstütze für ein größeres Kreuzungsbauwerk. Die Gurtplatten gehen innen und außen ohne Stoß um die Stützen und den Riegel herum. Das Portal ist an den Stellen, wo es die äußeren Kräfte auf-

Stumpfstoß. Er ist rechts oben auf Abb. 3 wiedergegeben. Man erkennt ihn auch auf dem Lichtbild Abb. 15 an der linken Seite, dort, wo die Aussteifungen des Stegbleches halbkreisförmig ausgenommen sind. Abb. 15 und 16 zeigen einen in der Werkstatt probeweise zusammengesetzten Überbau. Auf Abb. 16 sieht man deutlich, daß die oberen Gurtplatten der Hauptträger an den Enden angeschärft sind, so daß Spannungspitzen in den Gurtungen vermieden werden. Bei der bedeutenden Stützweite und dem Hauptträgerabstand von 5,0 m kann man die Überbauten nicht im ganzen zur Baustelle fahren. Nur die Hauptträger werden in der Werkstatt fertiggestellt und verladen (Abb. 14), die Quer- und

nehmen muß, durch eingeschweißte Bleche gut ausgesteift. Es wirkt in seiner schlichten, kraftvollen Form auch ästhetisch außerordentlich befriedigend. Das auf Abb. 17 im Hintergrund sichtbare Portal gehört zu der in den Abb. 11 und 12 dargestellten Straßenunterführung.

Abb. 18 zeigt, wie ein Zweigelenkrahnen mit Hilfe eines Kranes auf der Baustelle eingebaut wird. Unter dem Rahmen und der anschließenden Reihe ähnlicher Rahmen führt ein Bahnsteigtunnel hindurch. Der Rahmen hat 18 m Stützweite. Auch hier sind Gurtplatten ohne Stöße angeordnet worden. Das Stegblech hat zwei Stumpfstöße der auf Abb. 3 rechts unten wiedergegebenen Ausbildung. Die Stöße liegen in der Nähe der Enden des Riegels und zwar zwischen den aus Flacheisen bestehenden vertikalen Aufsteifungen (Abb. 18). Das Stegblech ist an den Lagerpunkten durch Beibleche verstärkt worden. Auch an der ausgerundeten Ecke des Untergurtes erkennt man ein zur Verstärkung auf das Stegblech aufgeschweißtes Flacheisen.

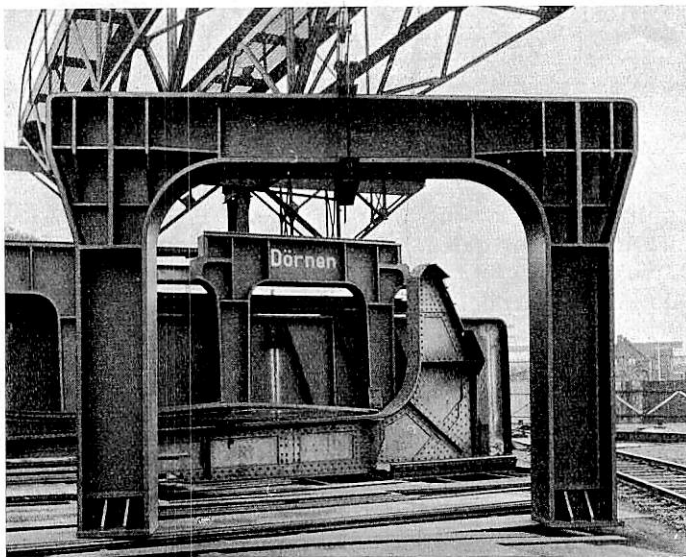


Abb. 17. Geschweißtes Portal.

Die Reichsbahn kann die Herstellung so großer geschweißter Bauwerke ohne Bedenken unternehmen. Sie stützt sich dabei auf die Ergebnisse der zu einem wesentlichen Teil von der Reichsbahn unterstützten wissenschaftlichen Versuche mit geschweißten Verbindungen und auf die guten Erfahrungen mit den ausgeführten und nun schon seit Jahren im Betriebe befindlichen geschweißten Brücken. Bei diesen ist bisher kein Unfall und kein Mißerfolg vorgekommen. Das ist um so beachtenswerter, wenn man sich daran erinnert, daß bei der Einführung des Eisens in den deutschen Eisenbahnbrückenbau zwischen 1840 und 1850 manche Fehlschläge eintreten, obwohl eiserne Straßenbrücken in Deutschland schon Jahrzehnte vorher gebaut worden waren. Die Geschichte der eisernen Brücken weiß noch bis in die neuere Zeit von Einstürzen zu berichten. Wenn sich demgegenüber sämtliche 77 geschweißten Reichsbahnüberbauten, die bis zum Ende des Jahres 1933 in Betrieb genommen worden sind, gut bewährt haben — die Bauten von 1934 sollen der Kürze der Zeit wegen hierbei unberücksichtigt bleiben —, so wird dadurch bewiesen, daß sie im allgemeinen zweckmäßig gestaltet sind und daß es richtig war, mit geschweißten Brücken geringer

Stützweite zu beginnen und erst allmählich zur Ausführung größerer Bauwerke überzugehen.

Bis jetzt sind nur vollwandige Reichsbahnbrücken geschweißt worden. Als Fachwerkträger kann man Eisenbahnbrücken mit lebhaftem Zugverkehr wegen ihrer starken dynamischen Beanspruchung gegenwärtig noch nicht mit genügender Sicherheit schweißen. Es ist aber zu erwarten, daß die hier bestehenden Schwierigkeiten durch Verbesserung der Werkstoffe für die Schweißnähte und durch Fortschritte in der baulichen Gestaltung der Knotenpunkte in absehbarer Zeit überwunden werden. Bei Eisenbahnbrücken in untergeordneten Strecken mit ganz schwachem Zugverkehr treten die Spannungspitzen im Wechsel der Belastung nicht häufig auf. Hier bestehen schon heute gegen die Ausführung geschweißter Fachwerkträger keine Bedenken mehr.

Die Reichsbahn hat alle bisher gewonnenen Erfahrungen und Versuchsergebnisse bei dem 1933 aufgestellten Musterentwurf für geschweißte vollwandige Brücken verwertet.

Die Schweißtechnik und die behördlichen Vorschriften für das Schweißen waren in den letzten Jahren ebenso in der Wandlung begriffen wie die Ansichten darüber, welche baulichen Formen für geschweißte Brücken zweckmäßig wären.

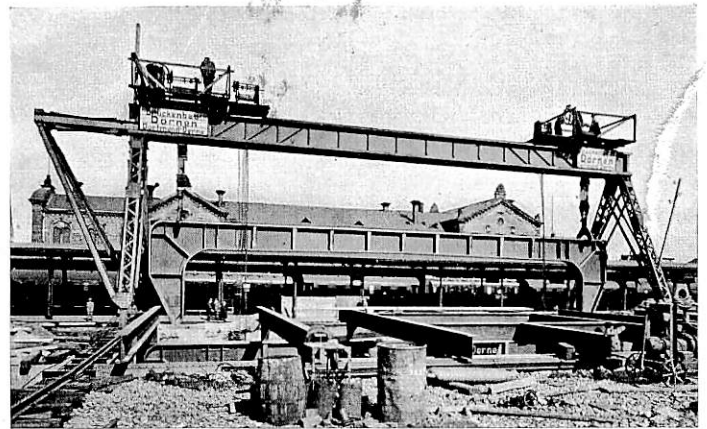


Abb. 18. Geschweißter Zweigelenkrahnen.

Die in diesem Aufsatz dargestellten Bauwerke zeigen einige Stufen aus dieser Entwicklung, sie können naturgemäß jetzt nicht mehr alle als vorbildlich gelten.

Der an erster Stelle genannte Überbau vom Jahre 1930 und der Kastenträger von 1933 sind von der Gute-Hoffnungshütte ausgeführt worden, die Brücken in den Abb. 1, 15 und 16 von den Vereinigten Stahlwerken, Dortmund. Die Portale und ein Teil der zum Einbetonieren bestimmten geschweißten Träger der Abb. 11 stammen von der Firma Dörnen, Dortmund-Derne. Die anderen geschweißten Träger dieses Bauwerks sind von den Firmen Hein, Lehmann & Co., Düsseldorf, von der Eikomag, Düsseldorf und von Bleichert, Neuß, geliefert worden. Entwurf und Bau der auf den übrigen Abbildungen dargestellten Brücken lagen in den Händen von Dörnen, Dortmund-Derne. Der Kreis der Brückenbauanstalten, die Brücken für die Reichsbahn geschweißt haben, umfaßt außer den genannten noch andere Firmen, und er dürfte sich künftig erheblich erweitern, denn die Erfolge der Schweißtechnik berechtigen zu der Erwartung, daß in den nächsten Jahren wesentlich mehr Brücken geschweißt werden als bisher.

Schienenschweißung auf Brücken.

Von Regierungsbaumeister a. D. Wattmann, Berlin.

Auf Eisenbahnbrücken werden zur Schonung des Trägerwerkes heute in der Regel die Schienenstöße geschweißt. Im folgenden sollen die dabei durch Wärmeänderung im Schienengestänge eintretenden Längsspannungen untersucht werden.

Bei eisernen Brücken mit nur einer Öffnung wird ohne Rücksicht auf die Weite der Öffnung und die Länge des Brückenträgers ein fugenloses, über den ganzen Träger reichendes Gleis, das an beiden Enden des Trägers sich in Stoßlücken nach Bedarf dehnen kann, keinerlei Wärmespannungen erleiden, wenn Brückenträger und Schiene den gleichen Temperatureinflüssen unterliegen. In diesem Falle ist Ausdehnung und Zusammenziehung beider Teile gleich groß, eine gegenseitige Bewegung zwischen ihnen kann nicht stattfinden. Daher treten Reibungskräfte nicht auf und damit ist auch das Entstehen von Längsspannungen unmöglich.

Nun kann es aber auch vorkommen, daß Schiene und Brückenträger unterschiedliche Temperaturen annehmen, z. B. bei hochliegender Fahrbahn, wobei die Schiene vollkommen ungeschützt der Sonnenbestrahlung ausgesetzt ist, andererseits aber große Teile des Brückenträgers durch die Fahrbahn beschattet sind. Man kann annehmen, daß auch in diesem ungünstigsten Falle der Temperaturunterschied 15°C nicht übersteigen wird. Setzt man voraus, daß die Schiene vollkommen fest mit dem Brückenträger verbunden ist, so daß eine gegenseitige Längsbewegung nicht eintreten kann, so würde die Schiene an der durch ihre höhere Temperatur bedingten, größeren Dehnung von dem Brückenträger zurückgehalten werden und dadurch in Druckspannung geraten. Diese Druckspannung σ muß die Schiene um das gleiche Maß zusammendrücken, wie der Temperaturunterschied t sie verlängert hätte. Die Temperatur t und die Spannung σ gleichen einander daher in ihren Wirkungen aus, wobei bekanntlich $\sigma = 24 t$ ist. Bei $t = 15^{\circ}$ ist daher $\sigma = 360 \text{ kg/cm}^2$. Das ist eine Druckspannung, die vollkommen unbedenklich ist. Bei dieser Berechnung ist vorausgesetzt (was auch bei allen künftigen Rechnungen angenommen wird), daß der Querschnitt des Brückenträgers im Verhältnis zu dem der Schiene so groß ist, daß die einander gleichen Druck- und Zugspannkkräfte, die Schiene und Träger gegenseitig aufeinander ausüben, beim Träger sich auf einen so großen Querschnitt verteilen und daher so geringe Spannungen in ihm hervorrufen, daß die dadurch bedingte, geringe Dehnung vernachlässigt werden kann.

Wenn es sich um Balkenbrücken mit einem festen und einem beweglichen Auflager handelt, so findet an der Seite des festen Auflagers eine Gegenseitigkeitsbewegung der hier aneinanderstoßenden Schienen der Brücke und des Bahndammes nicht statt. Man kann daher hier ohne weiteres einen gewöhnlichen Laschenstoß anordnen. Auf der Seite des beweglichen Brückenlagers ist die Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Brückenträger und Brückenpfeiler annähernd gleich der Temperaturdehnung des ganzen Brückenträgers. Der hier anzuordnende Stoß muß daher eine Auszugsweite haben, die der Dehnung des Brückenträgers zuzüglich der halben Dehnungslänge der anstoßenden Schiene entspricht.

So einfach sich die Spannungen in einer nur auf einem Brückenträger aufliegenden Schiene feststellen lassen, so wenig übersichtlich gestalten sie sich, wenn die Schiene vom Bahndamm auf den Träger oder über mehrere Träger stoßlos hinübergreift. Eine gegenseitige Bewegungslosigkeit zwischen Schiene und Träger ist dann nicht mehr überall möglich und es tritt der Fall ein, daß die Schiene unter dem gleichzeitigen Einfluß von Temperaturänderung und hinzutretenden Reibungskräften eine Dehnung, also eine Bewegung ihrer Punkte erfährt, während gleichzeitig der Unterbau der Schiene

teilweise, nämlich so weit er aus der eisernen Brücke besteht, ebenfalls eine Temperaturdehnung und entsprechende Bewegung seiner Punkte durchmacht. (Von einer Berücksichtigung der Längsspannungen in den Brückenträgern sollte, wie bereits erwähnt wurde, abgesehen werden.) Die Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Schiene und Unterbau läßt Reibungskräfte entstehen, die einen anteiligen Einfluß auf eben diese Bewegung ausüben. Es ist also ein ziemlich unübersichtliches Spiel von sich gegenseitig beeinflussenden Kräften und Bewegungen, die aufzuhellen sind. Es mögen daher zunächst einige allgemeine Feststellungen über die Beziehungen zwischen Spannungen, Dehnungen und Reibungskräften Platz finden, ehe zur Betrachtung von Sonderfällen übergegangen wird.

Die Größe der Reibungskräfte, die infolge einer Gegenseitigkeitsbewegung zwischen der Schiene einerseits und ihrem Unterbau (also dem Bahndamm oder der Brücke) andererseits eintreten, ist unabhängig von der Größe dieser Bewegung; sie wird vielmehr allein bestimmt durch die Art der Gleisauflagerung. Wir nehmen an, daß bei gleichartiger Schienen- und Gleislagerung auch die Reibung gleichmäßig groß und gleichmäßig verteilt ist, so daß auf die Längeneinheit der Schiene, wo überhaupt eine Gegenseitigkeitsbewegung stattgefunden hat, gleich große Reibungskräfte angreifen. Für den Richtungssinn der Reibungskräfte ist der Sinn der zuletzt eingetretenen Bewegung maßgebend. Die in einem Schienenquerschnitt auftretenden Spannkkräfte sind gleich der Summe aller Reibungskräfte, die auf den einen oder den anderen Schienenteil rechts oder links dieses Querschnittes einwirken. Wenn man also auf der Schiene von Punkt zu Punkt weiterstreitet, müssen die dabei gleichförmig zunehmenden oder abnehmenden Reibungskräfte auch gleichmäßig wachsende oder fallende Spannungen in der Schiene hervorrufen, d. h. wo eine Bewegung zwischen Schiene und Unterbau stattgefunden hat, muß die Spannungslinie der Schiene eine in ihrer Neigung von der Größe der Reibung abhängige, entweder fallende oder steigende grade Linie sein. Wo überhaupt noch keine solche Bewegung stattgefunden hat, ist die Spannungslinie eine Horizontale. Wo die Spannungslinie einen Spitzpunkt oder einen Kerbpunkt aufweist, ist das ein Zeichen, daß die Reibungskräfte rechts und links von diesem Punkte verschiedenen Sinn besitzen, daß also die letzte Gegenseitigkeitsbewegung ebenfalls verschiedenen Sinn besessen haben muß. Da alle Dehnungsbewegungen, die hier in Frage kommen, die Eigenschaft der „Stetigkeit“ haben, d. h. von Punkt zu Punkt der Schiene sich nicht sprunghaft ändern (soweit ein einheitlicher Unterbau, also nur Fahrdamm oder nur ein Brückenträger in Frage kommt), so muß die vor und hinter dem Spitz- oder Kerbpunkt verschiedenen Richtungssinn besitzende Bewegung in der Spitze oder Kerbe gleich Null sein. Das besagt, daß jede Spitze oder Kerbe einer Spannungslinie einen Punkt gegenseitiger Bewegungslosigkeit im letzten Bewegungsaugenblick anzeigt, oder genauer ausgedrückt, einen Punkt, wo die Geschwindigkeit der Gegenseitigkeitsbewegung gleich Null ist. Ausgenommen sind Punkte, wo ein auf beweglichem Auflager ruhendes Trägerende an einen Pfeiler oder an einen anderen Brückenträger angrenzt. Dort ist ein Punkt der Unstetigkeit in dem Bewegungsspiel des Bahnunterbaues vorhanden und dort können also Spitzen und Kerben der Spannungslinie eintreten, ohne daß hier ein Stillstandspunkt zwischen Schiene und Unterbau (d. h. einem der beiden hier aneinander grenzenden Unterbauteile) vorhanden ist.

Ganz allgemein gilt hiernach:

1. Die Spannungslinie einer Schiene auf gleichförmigem Unterbau setzt sich nur aus Schräglinien gleicher Neigung

und aus Horizontallinien zusammen (siehe die σ -Linie $A_1 B_1 C_1, D_1 E_1 F_1$ der Abb. 1).

2. Spitzen und Kerbpunkte (C_1 und D_1) der Spannungslinie sind, soweit sie nicht mit beweglichen Brückenendpunkten zusammenfallen, Punkte gegenseitiger augenblicklicher Bewegungslosigkeit zwischen Schienen und Unterbau. Horizontalstrecken ($A_1 B_1$) zeigen an,

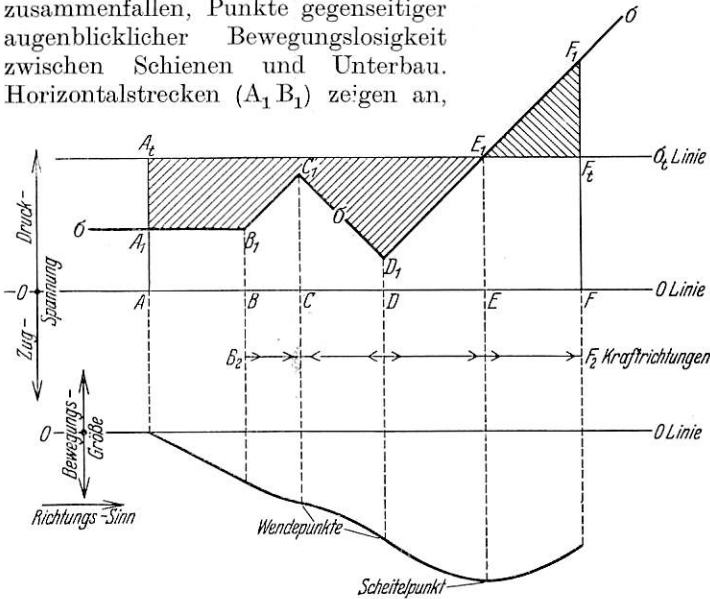


Abb. 1. Dehnungslinie einer Schiene, die infolge von Gegenseitigkeitsbewegung vom Unterbau zur Schiene entsprechend den Pfeilen B_2-F_2 Spannungen nach Linie σ erfährt und gleichzeitig einer Temperaturänderung entsprechend der Ausgleichsspannung σ_t unterliegt.

daß hier überhaupt noch keine Gegenseitigkeitsbewegung stattgefunden hat.

3. Steigen ($B_1 C_1$ und $D_1 F_1$) und Fallen ($C_1 D_1$) der Spannungslinie kennzeichnet Strecken entgegengesetzter

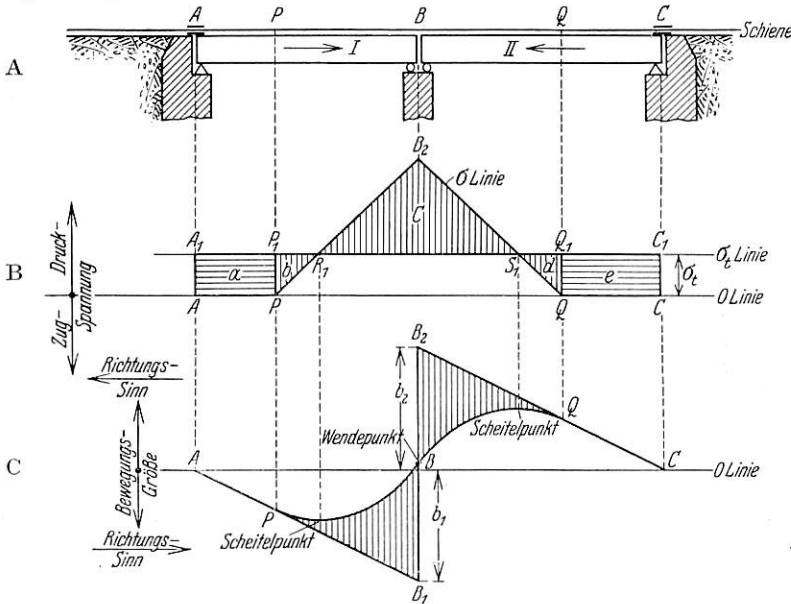


Abb. 2. Spannungs- und Dehnungsbild einer Langschiene über der Stoßstelle zweier dort beweglich aufgelagerter Brückenträger.

Reibungskräfte und daher auch entgegengesetzten Bewegungssinnes (siehe die Pfeile an der Schiene $B_2 F_2$ der Abb. 1).

Es ist bekannt, daß die Dehnung λ_σ einer Schiene zwischen zwei beliebigen Querschnitten A und F infolge irgendeines Spannungszustandes σ der Flächengröße f, d. i. A $A_1 B_1 C_1 D_1 F_1$ F der betreffenden Spannungslinie σ zwischen den Ordinaten AA_1 und FF_1 entspricht ($\lambda_\sigma = \frac{f}{E}$, wo E die Elastizitätszahl ist).

Ist die Schiene außer der Spannung noch einer Temperaturänderung t unterworfen gewesen, so addieren sich Spannungsdehnung λ_σ und Temperaturdehnung λ_t zur wirklichen Dehnung λ_w . Ist σ_t die Ausgleichsspannung einer im Beispielfalle steigenden Temperatur t, d. h. gleichen sich Temperatur t und Spannung σ_t in ihren Wirkungen aus, so daß sie zusammen überhaupt keine Dehnung hervorrufen, so ist $\lambda_w = \lambda_\sigma - \lambda_t = 0$. Nun kann die Spannungsdehnung $\lambda_\sigma = \lambda_t$ durch die Spannungsfläche, also durch das Rechteck $AA_t F_t F$ dargestellt werden, und die wirkliche Dehnung entspricht daher der in Abb. 1 schraffierten Fläche zwischen der σ -Linie und der σ_t -Linie. Wenn man, ausgehend von einem beliebigen Schienenpunkt, z. B. A als Festpunkt, über jedem Punkt der Schiene die zugehörige Dehnung als Ordinate aufträgt, bekommt man die „Dehnungslinie“ der Schiene, die man, von dem Festpunkt aus gesehen, auch als „Bewegungslinie“ auffassen kann. Nach obigem ist die Dehnungslinie, d. h. also eine aus Spannungs- und Temperaturdehnung sich zusammensetzende Schaulinie der wirklichen Bewegung, die Integralkurve der Spannungslinie σ , bezogen auf die Horizontale σ_t als Null-Linie (vergl. in Abb. 1 die schraffierte Fläche).

Aus dieser Gegenseitigkeitsbeziehung zwischen Spannungs- und Bewegungslinie folgt:

1. Wo die Spannungslinie eine Horizontale ist, ist die Bewegungslinie eine geneigte Gerade!
2. Wo die Spannungslinie eine Schräglinie ist, ist die Bewegungslinie eine Parabel mit senkrecht stehender Parabelachse, und zwar entsprechen den Schräglinien gleicher Neigung Ausschnitte aus verschiedenen Teilen der gleichen Parabel.
3. Den Spitzen und Kerbpunkten der Spannungslinie entsprechen Wendepunkte der Bewegungslinie, wo zwei Parabelsegmente verschiedenen Krümmungssinnes aneinander stoßen.
4. Wo die Spannungslinie durch 0 geht, also die σ_t -Linie schneidet (Punkt E), besitzt die Bewegungslinie einen Scheitelpunkt der Parabel.

Nachdem eingangs der überaus einfache Fall betrachtet ist, wo eine Langschiene auf einem Brückenträger gelagert ist, ohne seine Enden zu überschreiten, kommen wir nunmehr zu den Spannungen, die in einer Langschiene entstehen, die ein Brückenende überschreitet, wobei die diesbezüglichen verschiedenartigen Möglichkeiten einzeln zu betrachten sind. Als solche kommen in Frage:

1. Zwei Brückenträger stoßen aneinander und zwar
 - a) mit zwei festen Lagern (Abb. 6, Pfeiler D)
 - b) mit einem festen und einem beweglichen Lager (Abb. 3),
 - c) mit zwei beweglichen Lagern (Abb. 2);
2. ein Brückenträger stößt gegen einen Landpfeiler
 - a) mit einem festen Lager (Abb. 5),
 - b) mit einem beweglichen Lager (Abb. 4).

Bei allen folgenden Untersuchungen wird vorausgesetzt, daß die Schiene stets die gleiche Temperatur annehmen möge wie die Brückenträger. Der dabei gemachte Fehler ist nicht übergroß und es lassen sich überdies alle folgenden Untersuchungen ohne grundsätzliche Schwierigkeiten auch auf diesen Fall ausdehnen. Für die Untersuchung der Spannungen über einer Trägerstoßstelle wird angenommen, daß Schienen sowohl wie Träger so lang sind oder daß die Temperaturänderung so gering ist, daß die durch letztere hervorgerufenen Spannungen sich nicht bis zu den Schienen und Trägern auswirken, sondern auf den ununterbrochenen Schienen und Brückenträgern ihr Ende finden. Man kann also für die Betrachtungen annehmen, daß Schienen und Brückenträger unbegrenzt lang sind.

Was den Fall 1a betrifft, so bedarf es wohl keiner Er

klärung, daß es für die Schiene unerheblich ist, ob zwei Träger mit ihren festen Lagern aneinander stoßen, oder ob ein durchgehender Träger aufgelagert ist. Die Schiene bleibt in diesem Falle über der Stoßfuge der Träger ebenso spannungslos wie auf dem Träger selbst. Wesentlich anders liegen die Fälle 1b und 1c. Für unsere Betrachtung sind beide Fälle insofern gleichartig, als für die Schienenspannung nur die Gegenseitigkeitsbewegung der beiden Trägerenden maßgebend ist. Diese Bewegung erfolgt in beiden Fällen proportional der Temperatur und ist nur ihrer Größe nach verschieden. Der für die Anschauung einfachste Fall liegt vor, wenn die beiden Träger mit je einem beweglichen Lager auf dem Brückenpfeiler aufliegen und sich infolge einer Temperatursteigerung gegeneinander bewegen. Die auf beiden Trägern aufliegende Schiene würde spannungslos bleiben, wenn nicht durch das Gegeneinanderrücken der Träger ein Stauchen der Schiene und eine dadurch herbeigeführte Druckspannung über dem Brückenpfeiler eintreten müßte. Die Zusammendrückung der Schiene muß gleich der Verengung der Träger-Stoßlücke sein. Die Spannung ist am größten über der Stoßfuge der Träger und geht nach beiden Seiten in den natürlichen Spannungszustand der Schienen über, d. h. er fällt auf 0 ab, da die Schiene auf dem Brückenträger trotz Temperaturerhöhung die Spannung 0 behält. Bei der Zusammendrückung der Schiene über dem Pfeiler findet eine Gegenseitigkeitsverschiebung zwischen den Trägern und der Schiene in dem Sinne statt, daß beide Träger sich in der Richtung nach dem Pfeiler zu gegen die Schiene verschieben und in diesem Sinne auch Reibungskräfte auf diese ausüben. Diese rechts und links des Pfeilers auftretenden Reibungskräfte erzeugen Druckspannungen in der zwischen ihnen liegenden Schiene, die das Zusammendrücken der Schiene verursachen. Nachdem gezeigt wurde, daß alle auftretenden Spannungsbilder nur aus horizontalen Geraden und Schräglinien gleicher Neigung bestehen können, ergibt sich notwendigerweise für die Spannungslinie eine dachförmige Figur ($P B_2 Q$ in Abb. 2 B). Die aus Temperatur- und Spannungsdehnung sich zusammensetzende wirkliche Dehnung der Schiene wird durch die schraffierte Fläche $a + b - c + d + e$ dargestellt, wobei σ_t die Ausgleichsspannung der Temperatur t ist. Die Dehnungs- oder Bewegungslinie der Schiene, also die Integralkurve der Spannungslinie σ bezogen auf die σ_t -Gerade als Null-Linie, ist in Abb. 2 C wiedergegeben. In dieser Abbildung stellen $b_1 + b_2 = b$ die Dehnungslängen der beiden Brückenträger I und II dar. Ferner sind $A B_1$ und $B_2 C$ die Bewegungslinien der Brückenträger und die Linie $A P B Q C$ diejenige der wirklichen Bewegung der Schiene. Von A bis P und von C bis Q fällt diese mit der Bewegungslinie der Träger zusammen, d. h. dort ist die Gegenseitigkeitsbewegung gleich 0. Auf der Strecke P Q ist die Größe der Gegenseitigkeitsbewegung durch die (schraffierten) Ordinaten zwischen den Geraden $P B_1$ und $B_2 Q$ einerseits und der Kurve $P B Q$ andererseits dargestellt. Der Sinn der Gegenseitigkeitsbewegung wechselt bei B.

Die Ermittlung der Temperatur t , die dem dargestellten Spannungszustand entspricht, geht davon aus, daß in den Punkten P und Q eine Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Schiene und Träger bisher nicht stattgefunden hat, daß also die wirkliche Dehnung des Schienenstückes P Q gleich der Gegenseitigkeitsbewegung der beiden, den Brückenträgern angehörenden Punkte P und Q zueinander sein muß. Diese nun ist gleich der Temperaturdehnung der beiden Träger-teile A P und Q C, und läßt sich zeichnerisch darstellen durch die Fläche $a + e$ der Ausgleichsspannung σ_t über der Linie A P + Q C (in Abb. 2 B horizontal schraffiert dargestellt). Die wirkliche Dehnung der Schiene P Q ist, wie gezeigt, gleich der Fläche $c - b - d$. Es muß also $a + e = c - b - d$

sein, oder auch die Rechteckfläche $A C C_1 A_1$ gleich der Dreieckfläche $P B_2 Q$! Das genügt, um zeichnerisch oder rechnerisch

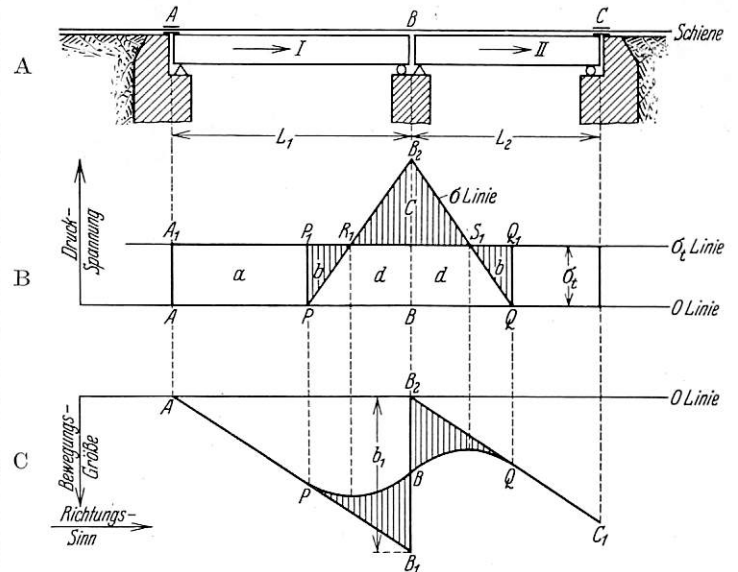


Abb. 3. Spannungs- und Dehnungsbild einer Langschiene über der Stoßstelle zweier Brückenträger, von denen der eine dort fest, der andere beweglich aufgelagert ist.

aus der gegebenen Temperatur t das Spannungsbild oder umgekehrt aus diesem die Temperatur zu ermitteln.

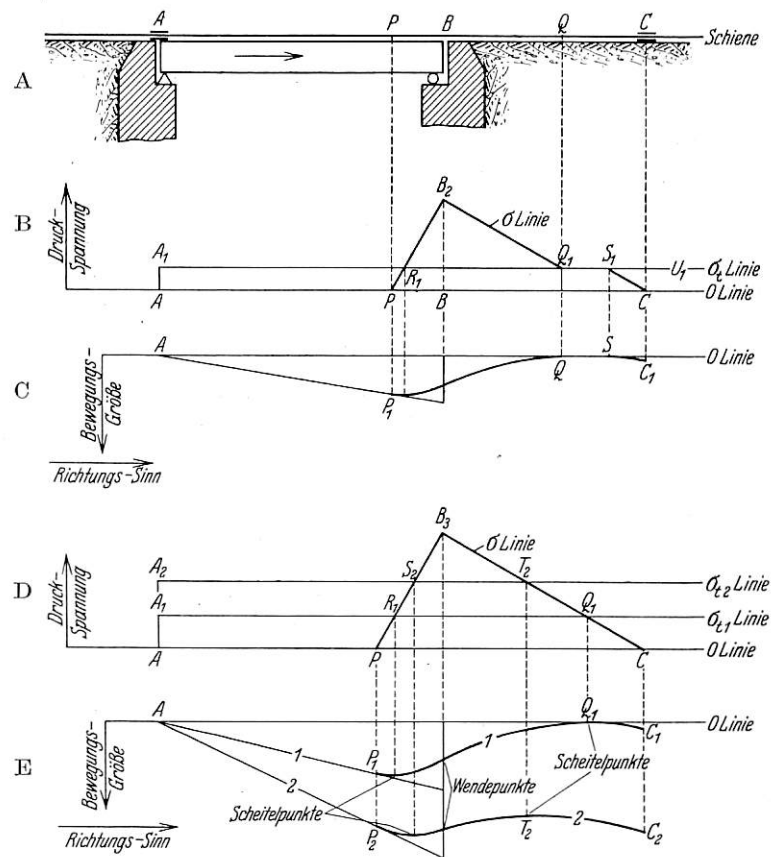


Abb. 4. Spannungs- und Dehnungsbilder einer Langschiene am Brückenende eines dort beweglich aufgelagerten Brückenträgers. Die Reibung des Gleises auf dem Damm ist kleiner angenommen als auf der Brücke.

Sehr ähnlich mit dem vorbesprochenen Fall liegen die Verhältnisse, wenn auf dem Strompfeiler der eine Träger mit beweglichem, der andere mit festem Auflager aneinander stoßen (Abb. 3 A). Der einzige Unterschied besteht darin,

daß die wirkliche Dehnung der Schienen auf der Strecke PQ, also die Fläche $c - 2b$ in Abb. 3 B nicht wie vorher gleich der Summe, sondern gleich der Differenz der Bewegungen der Brückenpunkte P und Q zueinander, also gleich $a - (d + b)$ sein muß. Demnach ist $c - 2b = a - (d + b)$. Hieraus folgt $a + b + d = c + 2d$, d. h. die Temperaturdehnung des Trägers I, nämlich $a + b + d$, ist gleich der Spannungsdehnung der Schiene PQ, nämlich $c + 2d$ (oder auch: der ganzen Schiene, da ja nur das Stück PQ derselben in Spannung gerät). Hieraus kann man, wenn die Temperatur t oder die Ausgleichsspannung σ_t gegeben ist, die Spannungslinie $P B_2 Q$ oder umgekehrt aus dieser die zugehörige Temperatur bestimmen.

In Abb. 3 C ist die Dehnungs- und Bewegungslinie $APBQC_1$ der Schiene dargestellt. $A B_1$ und $B_2 C_1$ sind die Dehnungslinien der Brückenträger. Die schraffierten Ordinaten entsprechen der Gegenseitigkeitsbewegung.

Wir kommen nunmehr zur Betrachtung der Schienenspannungen über Landpfeilern. Wenn hier das Trägerlager beweglich ist, liegen die Verhältnisse noch ähnlich wie in den vorbetrachteten Fällen, denn auch hier muß durch die Erweiterung oder Verengung der Stoßfuge zwischen Träger und Pfeiler in der darüber liegenden Schiene eine Spannungsanhäufung auftreten, die sich im Spannungsbild als dachförmige Figur über der Stoßfuge kennzeichnet. Aber nunmehr fällt die Spannung nicht nach beiden Seiten auf 0 ab, sondern nur nach der Brückenseite zu, während sie nach der Landseite hin auf die Spannung abfallen muß, welche die dort liegende Schiene annimmt. Bei fugenlosem Gleis ist dies die Ausgleichsspannung der Temperatur t , d. h. $\sigma_t = 24 t$. In Abb. 4 B ist die Linie $APB_2Q_1U_1$ die dementsprechende Spannungslinie σ der Schiene. Im Punkte A sowohl wie in Q hat eine Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Schiene und Unterbau nicht stattgefunden. Beide Punkte des Unterbaues aber sind unbewegt, so daß also die Dehnung des Schienenstückes A Q Null geblieben sein muß. Die wirkliche Längenänderung des Schienenstückes A Q entspricht der Fläche zwischen der σ -Linie und der σ_t -Horizontalen, d. h. es muß Fläche $AA_1R_1P - R_1B_2Q_1 = 0$ sein. Hieraus kann, wenn die Temperatur t oder die Ausgleichsspannung σ_t gegeben ist, die Spannungslinie gefunden werden.

Ist die Schiene auf der Landseite nicht von unbegrenzter Länge, sondern endet sie bei einem beliebigen Punkte C in einem reibungslosen Ausziehstoß, so ändert sich die frühere Überlegung bei kleiner Temperatur t um nichts, nur findet am Ende C der Schiene ein Spannungsabfall von σ_t auf 0 statt (Linie $S_1 C$ in Abb. 4 B). Bei steigender Temperatur t und damit höher rückender σ_t -Linie verkürzt sich die Strecke $S_1 Q_1$ der Spannungslinie, bis sie auf 0 zusammenschumpft (Abb. 4 D). Auch jetzt noch ist die Fläche AA_1R_1P gleich $R_1B_2Q_1$. Bei weiterem Temperaturanstieg ändert sich das Spannungsbild nicht mehr, da die Spannung am Schienenende C stets 0 bleiben muß. Jedoch wirkt sich nunmehr der Temperaturanstieg auf der ganzen Schienenlänge als Dehnung aus. Der Punkt Q der Schiene schiebt sich über seine Unterlage fort, womit dann die bis dahin gültige Flächengleichung ihre Richtigkeit verliert. Die Abb. 4 C und 4 E zeigen die Bewegungslinie für die Spannungsbilder der Abb. 4 B und 4 D. In Abb. 4 E sind zwei Bewegungslinien $AP_1Q_1C_1$ und $AP_2T_2C_2$ gezeichnet, die den Temperaturen t_1 und t_2 und den Ausgleichsspannungen σ_{t_1} und σ_{t_2} entsprechen.

Als letzten der früher aufgezählten Fälle betrachten wir nunmehr die Spannung über einem Landpfeiler mit festem Trägersauflager. Unter der zunächst zu machenden Voraussetzung unbegrenzter Schienenlänge bleibt über dem Träger die Schiene spannungslos, während diese auf dem Bahndamm in eine gleichmäßige Spannung $\sigma_t = 24 t$ gerät. Da die Stoßfuge der Brücke bei B (Abb. 5) keine Änderung erleidet, findet dort

auch keine Pressung oder Dehnung der Schiene statt, und es kann über dem Brückenpfeiler nur ein Ausgleich der beiden verschiedenen Spannungsspiegel eintreten, der wieder nur in einer Schräglinie des Spannungsbildes seinen Ausdruck finden kann (Abb. 5 B). Ist $P_1 Q$ diese Schräglinie, deren Neigung durch die Größe der Reibung bestimmt wird, so muß die Dehnung des Schienenstückes P Q, die der Fläche $P_1 Q Q_1$ entspricht, gleich der Dehnung des Trägerstückes B Q, also gleich der Fläche $B B_1 Q_1 Q$ sein. Aus der Gleichheit dieser beiden Flächen ergibt sich $P B = B Q$, woraus bei gegebener Temperatur t_1 und daraus folgender σ_{t_1} -Linie sich die Spannungslinie $A_1 P_1 Q C$ ergibt.

Ist die Schiene nach der Landseite zu nicht unbegrenzt, sondern endet sie bei M in einem reibungslosen Stoß, so fällt die gleichmäßige Schienenspannung σ_{t_1} bei M auf 0 ab (Spannungslinie $M N_1 P_1 Q C$ der Abb. 5 B). Bei weiterem Temperaturanstieg hebt sich auch die Linie $N_1 P_1$, wobei die Punkte N_1 und P_1 aneinanderrücken, bis sie bei einer Temperatur t_2 in

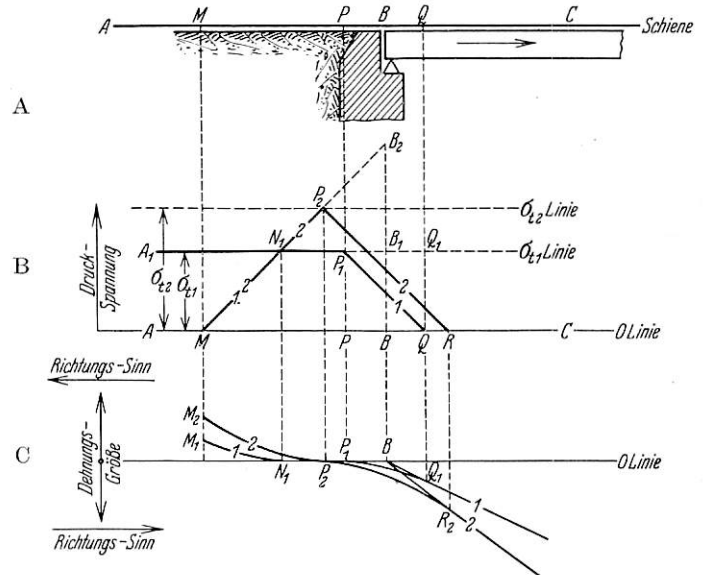


Abb. 5. Spannungs- und Dehnungsbilder einer Langschiene am Brückenende eines dort festgelagerten Brückenträgers.

einem Punkte P_2 zusammenfallen und die Spannungslinie $M P_2 R C$ sich ausbildet. Bei noch weiterem Temperaturanstieg bleibt die Dreiecksform der Spannungslinie erhalten, wobei nur die Spitze P_2 des Dreiecks auf der Linie $M B_2$ weiter nach oben rückt, ohne jemals B_2 zu erreichen*). Abb. 5 C zeigt die beiden Dehnungsbilder der Abb. 5 B entsprechend den zwei Spannungslinien. Indem dabei auch die Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Schiene und Unterbau kenntlich wird, kommt das Entstehen der Spannungen klar zum Ausdruck.

Nachdem wir bisher lediglich die Entwicklung der Spannungen und Dehnungen über den einzelnen Pfeilern betrachtet haben, bleibt nunmehr noch zu untersuchen, wie sich bei einer über mehrere Brückenöffnungen laufenden Langschiene diese einzelnen Spannungsbilder und Dehnungslinien bei weiter steigender (oder fallender) Temperatur aneinander schließen und ineinander übergehen. Auf diesen Wachstumsvorgang der Spannungsbilder ist es von maßgebendem Einfluß, ob und wo zwischen Schiene und Brückenträger Verankerungen angebracht sind, die man als Schutz gegen Schienenwanderung in der Regel nicht entbehren kann, und die man praktisch dadurch herstellt, daß die Schiene gegen mehrere aufeinander folgende Schwellen durch beiderseitige Wanderschutzklammern verankert und die Schwellen in

*) Den Beweis müssen wir aus Mangel an Raum schuldig bleiben; er ist übrigens für das Folgende unwichtig.

üblicher Weise mit den Zwischenträgern der Brücke verbolzt werden. Dieser Verankerungspunkt der Langsschiene ist für die Ausbildung der Spannungen dadurch wichtig, daß in ihm Längskräfte von der Schiene auf den Brückenträger übertragen werden können, also ein Spannungssprung, d. h. eine Unstetigkeit in der Spannungslinie, stattfinden kann. Für die Bewegung der Schienen, die rückwirkend wieder durch die Reibungskräfte die Spannungen beeinflusst, ist die Lage des Verankerungspunktes dadurch bedeutsam, daß hier ein Punkt gegenseitiger Bewegungslosigkeit zwischen Schiene und Brückenträger geschaffen ist.

Es ist zwar in der Regel nicht nötig, das Wachstum der Spannungsbilder in Abhängigkeit von der Temperaturänderung großemäßig zu verfolgen, weil es für praktische Zwecke zu-

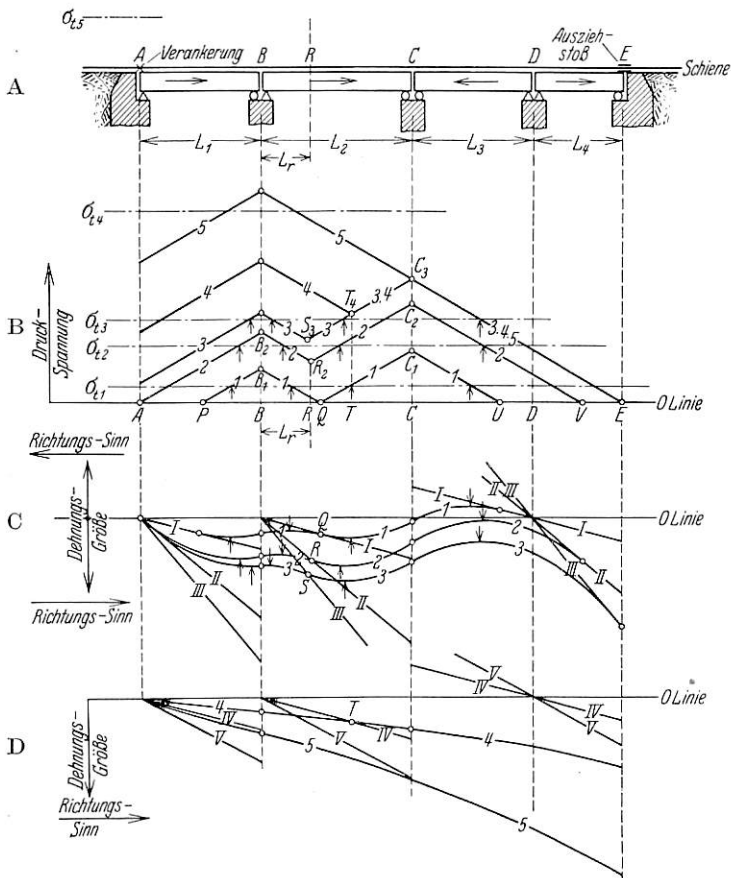


Abb. 6. Spannungs- und Dehnungsbilder einer über vier Brückenöffnungen reichenden Langsschiene. Fig. D ist in ein Zehntel des Dehnungsmaßstabes der Fig. C gezeichnet.

meist genügt, das Grenzspannungsbild, d. h. die höchstmöglichen Spannungen in der Schiene festzustellen; jedoch sei für vorkommende Fälle an einem Beispiel der Weg angedeutet, wie auch diese Aufgabe gelöst werden kann.

In Abb. 6 A ist eine aus vier Öffnungen bestehende, auf allen Brückenpfeilern verschiedenartig aufgelagerte Brücke dargestellt. Die Schiene ist im Brückenanfang bei A mit dem Träger verankert und endet in einem reibungslosen Ausziehstoß über dem Ende des letzten Trägers bei E. Nach dem Vorangehenden muß bei Beginn einer Temperaturänderung t über jedem der Mittelpfeiler B und C als Spannungsbild ein Dreieck entstehen, das sich mit wachsender Temperatur nach oben und nach den Seiten ausweitet, wobei, wie vorher nachgewiesen wurde, die Dreiecksfläche über B: $f_b = \sigma_t L_1$ (wenn σ_t die Ausgleichsspannung der Temperatur t ist) und das Dreieck über C: $f_c = \sigma_t(L_3 + L_2)$ sein muß. In dem Augenblick, wo sich die seitlichen Spitzen dieser beiden Dreiecke im Q

berühren, ergibt sich: $BQ = \frac{L_2}{1+K}$ und $CQ = \frac{L_2 K}{1+K}$, worin

$$K = \sqrt{\frac{L_3 + L_2}{L_1}}$$

Daraus folgt dann das Spannungsbild 1 der Abb. 6 B und die Ausgleichsspannung σ_{t_1} der zugehörigen Temperatur t_1 . Ändert sich die Temperatur in dem gleichen Sinne weiter, so wachsen die beiden Spannungsdreiecke, wie die Spannungslinie 2 erkennen läßt, zusammen, wobei sich eine Einkerbung der Linie bei R_2 zwischen den Brückenpfeilern B und C ausbilden muß.

Ein solcher Kerbepunkt einer Spannungslinie ist, wie früher gezeigt wurde, ein Punkt gegenseitiger Bewegungslosigkeit zwischen Schiene und Träger, d. h. ein Punkt, wo die Gegenseitigkeitsgeschwindigkeit im Zeitpunkt der Betrachtung den Wert 0 annimmt. Wird die Größe der Gegenseitigkeitsbewegung mit λ bezeichnet, so müßte also $\frac{d\lambda}{dt} = 0$ oder wenn man statt t

die Ausgleichsspannung $\sigma = 24 t$ einführt, $\frac{d\lambda}{d\sigma} = 0$ sein.

Die Gegenseitigkeitsbewegung ist gleich der Bewegung λ_s des Schienenpunktes R weniger der Bewegung λ_b des Brückenpunktes R, also: $\lambda = \lambda_s - \lambda_b$. Ist L_r die Länge des Brückenträgerteils von B bis R, so ist die Bewegung λ_b des Punktes R der Brücke: $\lambda_b = \frac{\sigma L_r}{E}$. Ferner ist die Bewegung λ_s des

Punktes R der Schiene gleich ihrer Temperaturdehnung λ_t weniger ihrer Spannungsdehnung λ_σ , also: $\lambda_s = \lambda_t - \lambda_\sigma$. Die Temperaturdehnung ist: $\lambda_t = \frac{(L_1 + L_r) \sigma}{E}$, die Spannungs-

dehnung $\lambda_\sigma = \frac{f_b}{E}$ (wenn f_b die Spannungsfläche ARR_2B_2 der Schiene über dem Pfeiler B). Demnach:

$$\lambda_s = \lambda_t - \lambda_\sigma = \frac{L_1 + L_r}{E} \cdot \sigma - \frac{f_b}{E}!$$

Ferner:

$$\lambda = \lambda_s - \lambda_b \quad \lambda = \frac{L_1 + L_r}{E} \cdot \sigma - \frac{f_b}{E} - \frac{\sigma L_r}{E} = \frac{L_1 \sigma - f_b}{E}$$

Die Bedingung: $\frac{d\lambda}{d\sigma} = 0$ ergibt: $\frac{d f_b}{d \sigma} = L_1$ oder: $f_b = L_1 \sigma$.

Genau die gleiche Betrachtung wie für den Punkt R_2 gilt auch bezüglich des Punktes V der Spannungslinie 2, denn auch dieser Punkt ist ein solcher gegenseitiger Bewegungslosigkeit von Schiene und Träger. Ist f die ganze Spannungsfläche $A B_2 R_2 C_2 V$ so folgt $f = (L_1 + L_2 + L_3) \sigma_{t_2}$ oder wenn f_c die Spannungsfläche $R R_2 C_2 V$ über dem Pfeiler C ist: $f_c = (L_2 + L_3) \sigma_{t_2}$. Die beiden Gleichungen: $f_b = L_1 \sigma_{t_2}$ und $f_c = (L_2 + L_3) \sigma_{t_2}$ würden bei gegebener Temperatur t_2 und entsprechender Ausgleichsspannung $\sigma_{t_2} = 24 t_2$ eine Berechnung der Abmessungen der Spannungslinie ermöglichen. Eine solche ist jedoch recht umständlich und zeitraubend. Das zeichnerische Verfahren ist demgegenüber viel einfacher und hinreichend genau. Man wird dabei am zweckmäßigsten davon ausgehen, durch versuchsweise Zeichnung eine Spannungslinie zu ermitteln, deren links von der Einkerbung liegender Teil f_b sich zu demjenigen rechts der Einkerbung liegenden Teil f_c wie $L_1 : (L_2 + L_3)$ verhält. Das zugehörige σ und t ergibt sich dann aus den Beziehungen: $f_b = L_1 \sigma$ oder $f_c = (L_2 + L_3) \sigma$. Auf diese Weise ist in Abb. 6 die Linie 2 gefunden, deren linke seitliche Spitze bis A herangeschoben ist. σ_{t_2} ist die zugehörige Ausgleichsspannung der Temperatur t_2 . In gleichartiger Weise ist die Spannungslinie 3 ermittelt, deren rechte seitliche Spitze bis E herangeschoben ist. Bei weiterer Temperaturzunahme kann sich die rechte Seite der Spannungslinie nicht mehr ändern, weil am Schienenendpunkt bei E die Spannung nicht über 0 steigen kann. Die Linie EC_3S_3 muß

also erhalten bleiben und es verschiebt sich nur der Kerb-
punkt S_3 auf der Linie $S_3 C_3$ nach C_3 zu. Einer Spannungs-
linie 4 mit dem Kerbpunkt T_4 entspricht eine Ausgleichs-
spannung σ_{t4} , die bedingt ist durch: $f_b = L_1 \sigma_{t4}$ (f_b die
Spannungsfläche 4 über A T). Weitere Temperaturänderung
bedingt Verschiebung des Punktes T_3 nach C_3 bis C_3 erreicht ist,
und sich Linie 5 ausgebildet hat. Das zugehörige σ_{t5} ist durch
die Bedingung $f_b = L_1 \sigma_{t5}$ bestimmt (f_b die Spannungsfläche 5
über A C). Hiermit ist die Höchstspannung erreicht. Eine
weitere Temperaturänderung wirkt sich ausschließlich als
Dehnung der Schiene aus. In Abb. 6 C und 6 D sind die aus
Parabeln zusammengesetzten Dehnungslinien I bis 5 der Schiene
und die gradlinigen Dehnungslinien I bis V der Brückenträger
zu den Spannungslinien 1 bis 5 gezeichnet, wobei die letzten
beiden in der Abb. 6 E wiedergegebenen Dehnungslinien in
einem Zehntel des Maßstabes von Abb. 6 C aufgetragen sind.
Die Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Schiene und Träger
wird durch die senkrechten Ordinaten zwischen den Dehnungs-
linien 1 bis 5 der Schiene einerseits und der Träger I bis V
andererseits dargestellt. Die Linie der Schienendehnung ist
in allen Fällen die Integralkurve der zugehörigen Spannungs-
linie, bezogen auf eine Null-Linie, die durch die der Spannungs-
linie zugeordnete σ_t Horizontale gebildet wird. Der Vergleich
der einzelnen Spannungsbilder mit den zugehörigen Bewegungs-
linien der Schienen und der Träger gibt ein klares Bild von der
gegenseitigen Beeinflussung zwischen Spannung und Dehnung,
sowie von der Entstehung und stetigen Ausweitung der
Spannungsflächen bis zur Höchstgrenze der Spannung.

Nachdem die bisherigen Untersuchungen mehr allgemeiner
Natur waren, wollen wir nunmehr zur praktischen Auswertung
übergehen, vorher aber noch einige Bemerkungen über die
Größe der Schienenreibung vorausschicken. Allgemein sei
darauf hingewiesen, daß die wirklich auftretenden Reibungs-
widerstände aller Art sehr großen Schwankungen unterworfen
sind, weil einerseits die rüttelnden Bewegungen des Betriebes
und die abschleifende Wirkung der Dehnungsbewegung eine
Minderung der Reibungswiderstände bewirken können, anderer-
seits Witterungseinflüsse zum Rosten der Eisenteile und zum
Zusammenbacken des Bettungsstoffes führen und dadurch die
Reibung stark erhöhen können. Sehr erwünscht wären daher
umfangreiche Versuche über Reibungswiderstände im Be-
triebsgleise, um wenigstens annähernd die Grenzen kennen
zu lernen, innerhalb deren die Reibungsgrößen schwanken
können.

Die Lagerung der als Schwellen dienenden Brückenbalken
erfolgt entweder unter vollkommen starrer Befestigung auf den
Zwischenträgern der Brücke, mit denen sie durch Bolzen
verbunden sind, oder indem die Brückenbalken quer
verschieblich auf den Zwischenträgern gelagert sind. Im ersten
Falle ist eine Längsverschiebung der Schiene auf der Brücke
nur durch Gleiten der Schiene auf dem Balken möglich, wobei
die Reibung der Schienenbefestigung zu überwinden ist. Diese
Reibungswiderstände sind durch Werkstattversuche für Klemm-
plattenbefestigung auf etwa 10 bis 15 t auf ein Meter für eine
Schiene festgestellt, können also sehr hoch werden. Im zweiten
Falle wird die Gegenseitigkeitsbewegung zwischen Schiene und
Brücke durch Rutschen der Balken auf den Zwischenträgern
ermöglicht. Die Größe der Reibung hängt von der Art der
Befestigung ab. Da ein festes Aufliegen der Brückenbalken auf
den Trägern unter allen Umständen nötig ist, um ein Hüpfen
der Balken unter dem Betriebe zu verhindern, so wird in
irgendeiner Form ein Aufpressen der Balken auf die Träger
stattfinden müssen, was wieder erhöhte Reibungswiderstände
bedingt. Da von der Größe des Reibungswiderstandes die
Temperaturlängsspannung in der Schiene abhängt, und von
dieser wieder die Schweißlänge der Schienen oder vielleicht
die gesamte Lageranordnung der Brücke, so ist der Be-

festigungsart der Brückenbalken auf den Trägern eine besondere
Bedeutung beizumessen. Die Größe dieser Reibung wird daher
beim Entwerfen der Brücke durch Versuch festzustellen sein,
um als Unterlage für die Ermittlung der Schienenlängsspannung
zu dienen. Für die folgende Rechnung möge die Reibung der
Balken auf den Trägern mit 200 kg/m angenommen werden,
ohne daß damit für die Richtigkeit dieser Annahme eingetreten
werden soll.

Es seien nun verschiedene Möglichkeiten der Brücken-
anordnung besprochen.

1. Lange Brücken mit einer Öffnung! Wie bereits erörtert
wurde, ist es zulässig, an der Seite des festen Trägerlagers die
Brückenschiene mit einer Länge von nicht über 15 m (halbe
übliche Schienenlänge) auf den Bahndamm übergreifen zu
lassen. An der Seite des beweglichen Lagers ist weniger auf die
Spannung als auf die Dehnung Rücksicht zu nehmen. Indem
nämlich Schiene und Brückenträger sich gleichartig ausdehnen,
wird ihre Dehnung zum größten Teil auf das Schienenende
übertragen und eine über das Brückenende hinübergreifende
Schiene würde in ihrer ganzen übergreifenden Länge auf ihrer
Bettung erheblich verschoben werden (Abb. 4 E, Dehnungs-
linie 2). Zweifellos würde dadurch bei der Größe dieser Be-
wegung eine ordnungsmäßige Unterhaltung der Bettung kaum
möglich sein, so daß es geboten erscheint, den Schienenstoß,
der selbstverständlich als Ausziehstoß mit angemessener Aus-
ziehweite herzustellen ist, kurz hinter dem Trägerende anzu-
ordnen. Die zwischen Trägerende und Ausziehstoß liegenden
Schwellen sind querverschieblich zu machen. Den Ausziehstoß
selbst wird man zweckmäßig beiderseitig an die anschließenden
Schienen anschweißen, da eine etwaige Laschenverbindung
durch die fortgesetzten und sehr weiten Atembewegungen der
Schiene übermäßig beansprucht wird und die Schlagwirkungen
an ihr auch den Ausziehstoß selbst ungünstig beeinflussen
müssen. Die Art der Befestigung der Brückenbalken auf der
Brücke, ebenso der Ort der Verankerung der Schiene mit dem
Brückenträger ist im vorausgesetzten Fall bedeutungslos, da
die Schienenspannungen auf der Brücke in jedem Falle in
mäßigen Grenzen bleiben (vergl. Abb. 4 B).

2. Kurze Brücken mit einer Öffnung! In diesem Falle wird
bei der Kleinheit des Bauwerkes das Interesse überwiegend
dahingehen, jede Sonderanordnung im Gleisbau zu vermeiden
und im Rahmen der Regelausführung zu bleiben, also tunlichst
den Regelstoß und die Regellänge der Schienen beizubehalten.
Da am festen Brückenlager der Schienenstoß bis zu 15 m vom
Brückenende abgerückt werden kann, ist die Möglichkeit
ziemlich weitgehender Anpassung an den anschließenden
Schienenstrang gegeben, und Paßschienen werden häufig ver-
mieden werden können. Unter Umständen kann man auch für
die über die Brücke führende Schiene die Regellänge von 30 m
verwenden. Wird die Brückenschiene über dem festen Brücken-
lager mit dem Trägerwerk verankert und auf der Brücke selbst
eine querverschiebliche Lagerung der Brückenbalken ange-
ordnet, so kann man (wenn die Reibung unter 200 kg/m bleibt)
bei Brücken bis zu 20 m Spannweite auch an der Seite des
beweglichen Brückenlagers mit einem gewöhnlichen Laschen-
stoß üblicher Auszugsweite auskommen. Unverschiebliche
Befestigung der Brückenbalken oder eine Verankerung der
Schiene am beweglichen Brückenende ist in diesem Falle
unzulässig, weil dann von dem Augenblick an, wo die am
beweglichen Brückenende liegende Stoßfuge des Gleises sich
schließt (was auch im 30 m-Regelgleis bereits lange vor Eintritt
der höchsten Temperatur erfolgt) das Ende der Brücken-
schiene zusammen mit dem Ende des Brückenträgers selbst
und entsprechend der Temperaturdehnung des Trägers sich
fortschieben würde und ganz außerordentlich hohe Druck-
spannungen im anschließenden Dammgleise hervorrufen müßte.

In Abb. 7 sind für ein Beispiel die Spannungen dar-

gestellt. Die Länge der Brücke beträgt 20 m, die Länge der Schiene 30 m, wobei diese am beweglichen Brückenlager um 3 m auf den Bahndamm hinübergreift. Die Reibungskräfte sind mit 200 kg/m für die Brückenschiene AC und mit 1000 kg/m für die anschließende Schiene CE angenommen. Die Brückenschiene ist entsprechend den allgemeinen Verlegungsvorschriften bei +5° C mit 6 mm Lücke gegen die

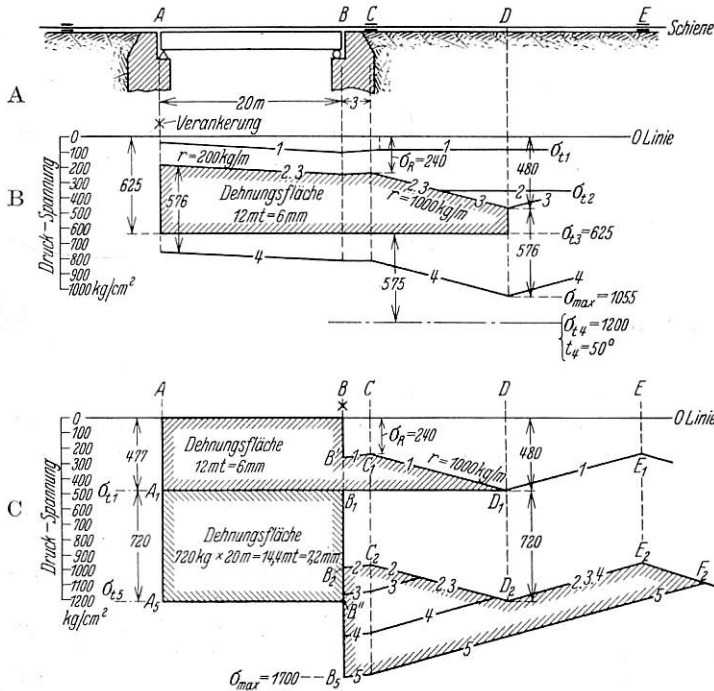


Abb. 7. Abhängigkeit der Spannungen in der Schiene von ihrem Verankerungspunkt.

anstoßende 30 m-Schiene verlegt. Die Verankerung der Schiene mit dem Trägerwerk ist am festgelagerten Trägerende bei A vorausgesetzt. Im Laschenstoß bei C ist eine Laschenreibung von 15 t angenommen, welcher bei einem Schienenprofil S 49 eine Spannung: $\sigma_R = 240 \text{ kg/cm}^2$ entspricht. A Die Linien 1 bis 4 der Abb. 7B sind nacheinander entstehende Spannungslinien im Schienengestänge. Beim Spannungszustand 3, entsprechend der Temperatur t_3 und der Ausgleichsspannung σ_{t_3} , schließt sich die Fuge, d. h. es muß bis dahin die Dehnung λ der Schiene $A C + C D$ gleich 6 mm sein, und die schraffierte Fläche f muß dieser Dehnung entsprechen, indem $f = \lambda E$ ist. Daraus folgt $f = 6 \text{ mm} \cdot 2000000 \text{ kg} = 12 \text{ mt}$. Die Linie σ_{t_3} ist durch Versuch so ermittelt, daß die Flächengröße $f = 12 \text{ mt}$ wird. Aus dem gefundenen Wert $\sigma_{t_3} = 625 \text{ kg/cm}^2$ ergibt sich $t = 26^\circ$, also eine Temperatur von $5 + 26 = 31^\circ$. Bei Voraussetzung einer Höchsttemperatur von 55° wäre demnach noch eine weitere Temperatursteigerung von 24° möglich, die sich in einer im ganzen Gleis gleichförmig eintretenden Spannungssteigerung von $24 \cdot 24 = 576 \text{ kg/cm}^2$ entsprechend der Spannungslinie 4 auswirken muß. Die Höchstspannung tritt bei D mit 1055 kg/cm^2 ein.

Um den Einfluß zu zeigen, den die Lage des Verankerungspunktes auf die Spannung ausübt, ist in Abb. 7C die Verankerung der Schienen mit dem Brückenträger bei B vorausgesetzt. Das Schließen der Stoßfuge C vollzieht sich infolge Dehnung des Trägers AB zuzüglich der Schienen $B C + C D$. Sei t_1 die entsprechende Temperatur und σ_{t_1} die Ausgleichsspannung, so entspricht die Rechteckfläche $A B B_1 A_1$ der Trägerdehnung, die Fläche $B' C_1 D_1 B_1$ der Schienendehnung. Beide zusammen müssen also gleich 12 mt sein. Die Lage der Linie σ_{t_1} ist durch Probieren gefunden, wobei sich $\sigma_{t_1} =$

$= 477 \text{ kg/cm}^2$ (zufällig fast genau so groß wie die Spannung bei B) und $t = 20^\circ$ ergibt. Bis zur Höchsttemperatur ist hiernach noch ein Temperaturanstieg von 30° entsprechend einer Ausgleichsspannung von $\sigma = 720 \text{ kg/cm}^2$ möglich. Wenn diese Temperatursteigerung ohne Verschiebung des Verankerungspunktes B vor sich gehen könnte, würde die Spannung bis zur Linie 2 angestiegen sein. Die Fortbewegung des Trägerendes B bewirkt einen weiteren Spannungszuwachs entsprechend den nacheinander eintretenden Spannungsbilder 3, 4, 5. Die Spannungssteigerungen bedingen Dehnungen, die durch die Flächen zwischen der Linie 2 einerseits und der Linie 3, 4 oder 5 andererseits dargestellt werden. Entspricht Linie 5 dem Temperaturzuwachs von 30° (also der Höchsttemperatur), so muß die randschraffierte Fläche $B_2 C_2 D_2 E_2 F_2 B_5$, also die Zusammendrückung der Schiene B D E F, gleich der Ausdehnung des Brückenträgers sein, die durch die randschraffierte Fläche $A_1 B_1 B'' A_5$ dargestellt wird. Auf Grund dieser Flächengleichheit ist durch Probieren die Linie 5 ermittelt. Sie zeigt die Höchstspannung der Schienen bei B mit 1700 kg/cm^2 . Der Umstand, daß die Spannungsfläche 5 über den Punkt E nach rechts hinausreicht, zeigt, daß die ganze Schiene CE fortgeschoben werden würde. Damit sind die schweren Mißstände, die eine Verankerung der Schienen bei B im Gefolge haben müßte, nachgewiesen.

Eine feste Verbindung der Brückenbalken mit dem Trägerwerk würde bei den dann stattfindenden starken Reibungswiderständen der Schienenbefestigung nahezu die gleiche Wirkung haben wie eine Verankerung bei B. Da selbst im günstigsten Falle (Abb. 7B) in der 20 m-Brücke die Schienenspannung bis auf 1055 kg/cm^2 anwachsen kann, so dürfte die Brückenlänge von 20 m als die Grenze anzusehen sein, bei der die Anordnung eines Ausziehstoßes noch entbehrlich ist, wenn Schwierigkeiten in der Unterhaltung des Gleises vermieden werden sollen.

3. Brücken mit mehreren Öffnungen! Für solche sind die an die Abb. 6 sich anknüpfenden Betrachtungen maßgebend. In Abb. 8 sind diese noch insofern erweitert, als bei einer

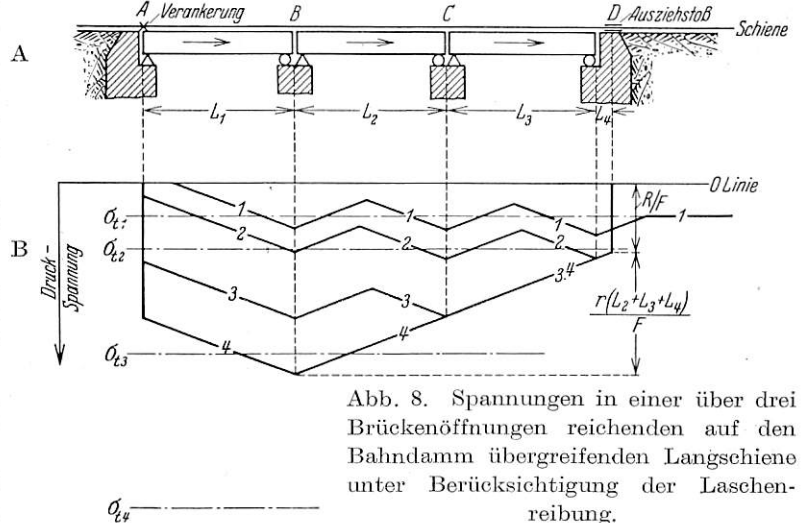


Abb. 8. Spannungen in einer über drei Brückenöffnungen reichenden auf den Bahndamm übergreifenden Langschiene unter Berücksichtigung der Laschenreibung.

Brücke mit drei Öffnungen auch das Übergreifen der Brückenschiene über das bewegliche Brückenlager auf den festen Bahndamm, sowie die Reibung des dort eingebauten Stoßes berücksichtigt ist. Ist bei einer solchen Brücke ein Endlager fest (links bei A), und hier die Schiene mit dem Träger verankert, so tritt die Höchstspannung über dem zweiten Pfeiler bei B ein, und zwar ist diese $\sigma_{\text{max}} = \frac{R}{F} + \frac{r(L_2 + L_3)}{F}$, (wobei F der Schienenquerschnitt, r die Schienenreibung ist). Die Anzahl der Öffnungen ist ohne Belang, ebenso die Art der

Auflagerung der Träger auf den Pfeilern (mit Ausnahme der festen Lagerung bei A). Setzt man $R = 10\text{ t}$ (für den Ausziehstoß sicher hoch genug) $r = 200\text{ kg/m}$, $F = 62\text{ cm}^2$, $\sigma_{\max} = 1000\text{ kg/cm}^2$, so folgt $\Sigma L = 250\text{ m}$. — Man erkennt, daß man bei loser Lagerung der Brückenbalken auch eine sehr lange Folge von Brückenöffnungen mit einer alle Öffnungen überdeckende Schiene herstellen kann. Legt man den Verankerungspunkt in die Brückenmitte und ordnet an beiden Seiten Ausziehstöße an, so kann die Länge der durchgehenden Schiene verdoppelt werden. Eine lose Lagerung der Brückenbalken mit geringer Reibung r ist dabei die notwendige Voraussetzung. Zu bedenken bleibt bei derartigen Schienenlängen, daß im Falle eines Schienenbruches die Bruchlücke in einer Weite aufreißen würde, die die Betriebssicherheit beeinträchtigen könnte.

Sind die Brückenbalken fest mit dem Brückenträger verbunden, so muß über, oder zu mindest in kürzester Entfernung von jedem beweglichen Brückenlager ein Schienen-

stoß mit der Ausziehweite der Brückendilatation angeordnet werden, wenn nicht unzulässig hohe Längsspannungen im Schienengestänge entstehen sollen. Wird Wert auf eine starre Befestigung der Brückenbalken auf den Brückenträgern gelegt, außerdem aber eine durchgehende Schienenschweißung über mehrere Brückenöffnungen gewünscht, so kann man je zwei aneinander stoßende Brückenträger durch ein horizontales Gelenkglied miteinander verbinden und alle Lager bis auf eines beweglich ausgestalten, wie es Abb. 9 schematisch andeutet. Eine Reihe derart miteinander gekoppelter Träger wirkt dann bezüglich ihrer Längsausdehnung wie ein einziger Träger und ist für die hier beschriebene Aufgaben auch ebenso wie ein solcher zu behandeln.

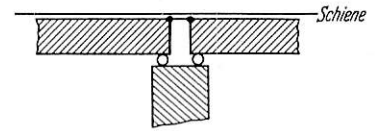


Abb. 9.
Gekoppelte Brückenträger.

Persönliches.

Der Altmeister des deutschen Lokomotivbaues

Dr. Ing. Richard von Helmholtz †.

Am 10. September 1934 verschied im 82. Lebensjahr Dr. Ing. E. h. Richard von Helmholtz in München.

Einen ausführlichen Lebenslauf und eine eingehende Würdigung der Verdienste des Altmeisters des deutschen Lokomotivbaues haben wir bereits anlässlich seines 75. Geburtstages im Jahre 1927 gebracht*). Hier soll nur Zusammenfassendes und Ergänzendes gesagt werden.

Richard von Helmholtz wurde am 28. September 1852 als Sohn des später zu großer Berühmtheit gelangten Professors der Physik Hermann von Helmholtz zu Königsberg i. Pr. geboren. Schon sehr frühzeitig, während der in Bonn und Heidelberg verlebten Kinderjahre, bildete sich in dem Knaben die Freude am technisch-schöpferischen Beruf. Diese unablässige tiefe Freude am Ingenieurberuf wurde von seinen Eltern zunächst nicht verstanden und mißbilligt; denn diesen erschien nur rein wissenschaftliche Tätigkeit als wertvoll und standesgemäß. Doch wurde ihm erlaubt, nach Besuch des humanistischen Gymnasiums in Heidelberg, an der mathematischen Vorschule des Polytechnikums in Stuttgart sich die nötigen Grundlagen für eine spätere umfassende technische Ausbildung anzueignen. Er blieb jedoch seiner Neigung auch späterhin treu und vervollkommnete nach Unterbrechung seiner Studien durch Teilnahme am Winterfeldzug gegen Bourbaki zunächst seine mathematische Vorbildung weiter und arbeitete anschließend als Schlosser in der altberühmten Borsigschen Lokomotivfabrik in Berlin am Oranienburger Tor. In den Jahren 1873 bis 1876 widmete er sich eingehend dem Studium des Maschinenbaues an der neu eingerichteten technischen Hochschule in München unter Bauschinger, von Linde, Ludewig und Hoyer. Auch hier gründliche praktische Ausbildung (während der Ferien) als Schlosser usw. in beiden Werken der Lokomotivfabrik Krauß & Co. in München.

Nach kurzer Tätigkeit als Arbeiter bei Krauß wurde er mit Erfolg als Konstruktionsingenieur verwendet und dank seiner überragenden Begabung und Leistung nach 3½ Jahren, 29jährig, zum Leiter des Konstruktionsbüros in das Stammhaus am Marsfeld berufen. Der stete Aufstieg des Werkes war neben den Führeigenschaften des Gründers Georg Krauß und der Tüchtigkeit der beiden Direktoren Hurler und Finkh vor allem seiner rastlosen und schöpferischen Tätigkeit zu verdanken. So hat er mit der ihm eigenen Beharrlichkeit und hingebender Treue diesem Unternehmen seine ganze berufliche Lebensarbeit rückhaltlos gewidmet.

*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1927, S. 331.

Seine technischen Schöpfungen sind, wie oben erwähnt wurde, anlässlich seines 75. Geburtstages ausführlich hier besprochen worden. Eine seiner Hauptaufgaben sah er in der Verbesserung der Kurvenläufigkeit der Eisenbahnfahrzeuge, besonders der Lokomotiven. Und auf diesem Gebiet hat er in Theorie und Praxis Bahnbrechendes geleistet. Berühmt in der ganzen Ingenieurwelt wurde er durch das von ihm erfundene und im Jahre 1888 erstmalig ausgeführte Krauß-Helmholtzsche kombinierte Drehgestell. Aber auch auf sonstigen Gebieten hat er die Entwicklung des Dampflokomotivbaues durch Neukonstruktionen wesentlich beeinflusst.

Richard von Helmholtz war aber nicht nur ein außergewöhnlich schöpferischer Lokomotivingenieur, sondern mit der ganzen Liebe zu seinem Fachgebiet pflegte er in seinen Mußestunden — besonders, nachdem er im Jahr 1918 in den Ruhestand getreten war — eifrig lokomotivgeschichtliche Studien. Dabei war er aber durchaus nicht einseitig gebildet, sondern er verfügte auch auf vielen anderen Gebieten über ein großes Maß von Allgemeinbildung. Im Verlauf seiner geschichtlichen Studien hat er in jahrelanger, mühevoller Arbeit eine äußerst umfangreiche Sammlung von Lokomotivzeichnungen und Abbildungen, sowie Verzeichnissen und dergl. gesammelt und selbst angelegt, die, wiederum seinem Charakter entsprechend, in ihrer Gründlichkeit und Genauigkeit einzigartig sind. Er schrieb eine Geschichte der Entwicklung der badischen Lokomotiven, die er ja zum großen Teil aus eigener Erfahrung kannte und für die badische Bahn mit ihrer anfangs bunten Entwicklung hatte er stets eine besondere Vorliebe.

Es war ihm noch vergönnt, zusammen mit dem ebenfalls in diesem Jahre (1934) verstorbenen Ministerialrat a. D. W. Staby den ersten Band des Werkes „Die Entwicklung der Lokomotive“ 1835 bis 1880 zu schreiben, worin er als der beste Kenner der deutschen Lokomotivgeschichte die Früchte seiner unermüdlichen Arbeit der Mußestunden verwerten konnte.

Seine Ingenieurarbeit fand Anerkennung: sein Drehgestell wurde im Jahr 1896 vom Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen preisgekrönt, von der Technischen Hochschule Danzig erhielt er im Jahre 1913 die Würde eines Dr. Ing. E. h., das Deutsche Museum in München ernannte ihn zum Ausschußmitglied. Seine fahrzeugtechnischen Grundsätze sind im Lokomotivbau allgemein anerkannt und gelten als Konstruktionsgrundlagen.

Als Mensch war Richard von Helmholtz vor allem von einer lebenswürdigen Bescheidenheit, die wohl kaum mehr übertroffen werden kann; dabei war er stets hilfsbereit und griff fördernd überall ein, wo man den erfahrenen Rat des Altmeisters des deutschen Lokomotivbaues brauchte. Für alle

Ingenieure, die mit ihm entweder in praktischer Tätigkeit oder auf lokomotivgeschichtlichem Gebiet mit ihm zusammenarbeiteten, wird seine Persönlichkeit unvergeßlich sein. Es ist, kann man wohl sagen, der getreue Ekkehard des deutschen Lokomotivbaues von uns gegangen.

Sein umfangreicher lokomotivgeschichtlicher Nachlaß

wurde von ihm dem Deutschen Museum in München vermacht, wo er in dessen Bibliothek zusammen mit der K. Gölsdorf-, R. Sanzin- und A. Klose-Stiftung ganz wesentlich zur Vervollkommnung des riesigen Materials beiträgt, das dort zu einer Forschungsstätte für den Lokomotivbau ausgestaltet wird.

Walter Häfner.

Rundschau.

Lokomotiven und Wagen.

1 E 1 Einheits-Tenderlokomotiven Reihe 85 der Deutschen Reichsbahn.

Von den bei der Deutschen Reichsbahn seinerzeit vorhandenen neun Zahnradstrecken und zwar: Ilmenau—Schleusingen, Suhl—Schleusingen (RBD Erfurt), Oberscheld—Wallau (RBD Frankfurt), Linz—Seifen (RBD Köln), Boppard—Buchholz (RBD Mainz), Freudenstadt—Klosterreichenbach, Honau—Lichtenstein (RBD Stuttgart), Erlau—Wegscheid (RBD Regensburg) und Hirschsprung—Hinterzarten (RBD Karlsruhe) werden nur noch die drei letztgenannten mit Zahnradlokomotiven betrieben.

Auf den übrigen Strecken sind diese Lokomotiven durch fünffach gekuppelte Heißdampf-Tenderlokomotiven der Reihe 94⁵⁻¹⁸ (pr. T 16¹) ersetzt worden, die sich auf den Steilstrecken mit einer größten vorkommenden Steigung von 1:16 bestens bewähren. Sie schleppen bei höherer Geschwindigkeit mindestens dieselben Lasten wie die früheren Zahnradlokomotiven, und bieten den weiteren Vorteil, daß die Zugförderungskosten wesentlich durch den Wegfall der Zahnstange und durch die im Betrieb billigere Zwillingslokomotive herabgesetzt werden konnten.

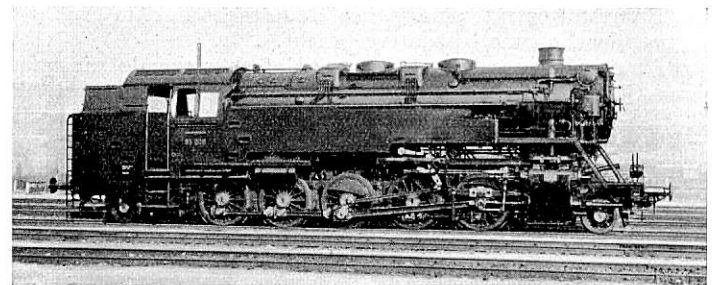
Alle genannten Strecken sind mit Ausnahme der Höllentalbahn (Hirschsprung—Hinterzarten) Nebenbahnlinien, auf denen wegen des zu schwachen Oberbaues (Brücken) die Verwendung der bedeutend stärkeren 1 E 1 Tenderlokomotive Reihe 95 (pr. T 20) mit 19 t Achsdruck vorläufig nicht möglich ist.

Von den noch vorhandenen drei Zahnradstrecken wurde inzwischen die Strecke Hirschsprung—Hinterzarten vom Herbst 1933 ab ebenfalls auf Reibungsbetrieb umgestellt. Für die Beförderung der teilweise sehr schweren Reise- und Güterzüge sind daher für den Schiebedienst zehn Stück 1 E 1 Güterzug-Tenderlokomotiven Reihe 85 (siehe Abb.) mit 20 t Achsdruck beschafft worden. Als Einheitslokomotiven stimmen sie in bezug auf Triebwerk und Achsanordnung (außer der noch vorhandenen rückwärtigen Laufachse) mit den 1 E Güterzug-Lokomotiven der Reihe 44 vollkommen überein.

Trotzdem die Lokomotiven nach dem ursprünglichen Bauplan Zwillingstriebwerk erhalten sollten, hat man sich doch zur Drillingsanordnung entschlossen, obwohl bei den Einheits-Güterzug-Lokomotiven der billigeren Zwillingsanordnung der Vorzug gegeben worden ist. Auffallend ist auch die unveränderte Übernahme der gesamten Steuerung von der Reihe 44. Wegen des starken Steinspringens bei Rückwärtsfahrt ist bekanntlich die Hängeeisenanordnung bei den Tenderlokomotiven nicht beliebt. Man baut deren Steuerung sonst immer mit Kuhnscher Schleife. — Im Gegensatz zu früheren Drillingslokomotiven (G 12, G 8³, P 10, XVIII H), aber in Übereinstimmung mit der Dreizylinder-Einheits-Gz-Lokomotive ist die Steuerung für den mittleren Zylinder nicht von den Außensteuerungen abgeleitet, sondern wird durch besondere Exzenter angetrieben. Die Stangenlager sind sämtlich nachstellbar eingerichtet. Alle Kuppelachsen werden einseitig von vorn gebremst und beiderseitig gesandet.

Der Kessel stimmt mit dem der Reihe 62 (2 C 2 Einheits-Personenzug-Tenderlokomotive) überein. Die im Vergleich zur T 20 wesentlich verkleinerte Rostfläche wird bei hohem Dampfverbrauch zu einer übernormalen spezifischen Rostanstrengung führen (über 500 kg/m²). Die Lokomotive ist mit den sonst bei Einheitslokomotiven üblichen Einrichtungen versehen. Erstmals ist die neue Verbund-Speisepumpe, die nunmehr auch bei allen neuen zur Ablieferung kommenden Einheitslokomotiven vorgesehen ist, Bauart Knorr-Tolkien eingebaut worden. Der Wasservorrat befindet sich teils seitlich vom Kessel, teils unter dem Kohlenkasten.

In bezug auf ihre Leistung werden die Lokomotiven die bisherige T 20 sicher nur wenig übertreffen, zumal die letztgenannte Lokomotive mit einem ebenso großen Kessel und mit 19 t Achsdruck fast dieselbe Zugkraft aufzubringen vermag, wie die Lokomotiven der Reihe 85.



Der Einsatz der Lokomotiven auf der Höllentalbahn ist nur vorübergehend, da die genannte Strecke elektrifiziert wird (wobei auch nur Reibungslokomotiven verwendet werden sollen). Die Lokomotiven der Reihe 85 werden jedoch auf der ebenfalls steigungsreichen Schwarzwaldbahn eingesetzt.

Hauptabmessungen.

Zylinderdurchmesser	3 × 600 mm
Kolbenhub	660 „
Treibraddurchmesser	1400 „
Laufraddurchmesser	850 „
Achsstand, fest	3400 „
Achsstand, gesamt	12500 „
Dampfdruck	14 atü
Rostfläche	3,5 m ²
Feuerbüchheizfläche	15,0 „
Rohrheizfläche	178,25 „
Überhitzerheizfläche	72,5 „
Länge zwischen den Rohrwänden	4700 mm
Dienstgewicht	135,1 t
Reibungsgewicht	100,0 „
Leergewicht	108,3 „
Kohlenvorrat	5,0 „
Wasservorrat	14 m ³
Zugkraft	21 t
Größte Geschwindigkeit	70 km/h

E. Wohllebe.

Amerikanische Hochdruck-Dampflokomotive mit Niederschlagleinrichtung.

Der amerikanische Ausschuß für Turbinenlokomotiven tritt mit einem neuartigen Entwurf für eine Kolbenlokomotive mit Vorrichtung zum Niederschlagen des Abdampfes vor die Öffentlichkeit, der von der Bauart der bisher geplanten oder gebauten derartigen Lokomotiven vollständig abweicht und sich an die neuesten Entwürfe für Dampftriebwagen anlehnt. Die Lokomotive soll auf zwei Drehgestellen laufen, wobei ihre sämtlichen Achsen angetrieben werden. Der Kessel soll vollständig selbsttätig arbeiten, ohne Rauch- und Rußbelästigung; auch ein Feuerputzen soll — wegen Ölfeuerung — nicht mehr nötig sein.

Die Bearbeiter haben zunächst zwei Entwürfe aufgestellt, einen für eine Lokomotive mit 2000 PS und einen weiteren für eine solche von 3000 PS. Die 2000 PS-Lokomotive soll zwei zweiachsige, die 3000 PS-Lokomotive zwei dreiachsige Drehgestelle erhalten.

Ein wesentliches Merkmal der Lokomotive ist die Unterteilung der Kesselanlage in vier, bei der 3000 PS-Lokomotive in sechs leichte, ölbeheizte Hochdruck-Wasserrohrkessel, die mit einem Betriebsdruck von 63 at arbeiten sollen. Der Durchmesser eines jeden Kessels beträgt bei beiden Lokomotiventwürfen rund 1,4 m. Vermutlich hat man die Kesselanlage vor allem aus dem Grund unterteilt, weil man sich an den Bau größerer Kessel-einheiten noch nicht wagt. Die Kessel an jedem Lokomotivende haben besondere Speisewasserpumpen und jeder Kessel besitzt seine eigene, selbsttätige Speisewasser-Regelung. Der Abdampf wird entölt und in einer Niederschlagsanlage zurückgewonnen, die sich über das ganze Dach des Lokomotivaufbaus — ein Tender ist nicht vorgesehen — erstreckt und aus einzelnen Leichtmetall-gußkörpern zusammengesetzt ist. Unter dieser Niederschlag-einrichtung sitzt eine Reihe von großen Lüftern, die durch den oberen, vom eigentlichen Führer- und Maschinenraum abgetrennten Teil der Stirn- und Seitenwände Frischluft ansaugen und nach oben durch die Kühlkörper wieder hinausdrücken. Die Wasser- und Brennstoffvorräte sind in der Hauptsache in dem Stahlguß-rahmen der Lokomotive untergebracht.

Als Antriebsmaschinen sind zwei einfach wirkende, umsteuerbare Gleichstrom-Dampfmaschinen vorgesehen, die bei der 2000 PS-Lokomotive acht und bei der 3000 PS-Lokomotive zwölf in einer Reihe angeordnete, stehende Zylinder von 216 mm Durchmesser und 254 mm Hub und eine Leistung von je 1000 bzw. 1500 PS besitzen. Zur Dampfverteilung dienen doppel-sitzige Ventile, die von Nockenwellen betätigt werden. Die größte Füllung soll in jeder Fahrtrichtung 60%, die Regelfüllung zwischen 10 und 15% betragen. Die Füllung regelt sich selbsttätig; man rechnet mit einem Dampfverbrauch von etwa 5 kg/PS_e in der Stunde.

Die beiden Maschinensätze, die in allen Teilen austauschbar werden sollen, sitzen im mittleren Teil des aus einem einzigen Stahlgußstück bestehenden Hauptrahmens der Lokomotive. Ihre Kurbelwellen liegen in Längsachse der Lokomotive etwa 150 mm über der Mitte der Treibachsen und treiben diese je über eine Gelenkwelle und Kegelradgetriebe an. Dieser Antrieb setzt voraus, daß die Drehgestelle nicht in der üblichen Weise um ihren Mittel-punkt drehbar, sondern nach Art der Schleppachsgestelle der amerikanischen Lokomotiven um einen Punkt außerhalb ihres Achsstandes schwenkbar sind, der im vorliegenden Fall auf der der Lokomotivmitte zugewandten Seite über dem Gelenk der Antriebswelle liegt. Auf das äußere Ende der Drehgestelle stützt sich mittels zweier Lagerrollen der Lokomotivrahmen auf. Die Achsen jedes Drehgestells sind mittels zweier Längsausgleichhebel und eines Querhebels ausgeglichen. Der Kegelradantrieb läuft vollständig in Öl, um ein ruhiges und möglichst abnutzungs-freies Arbeiten zu erzielen; er macht bei einer Fahrgeschwindigkeit von 90 km/h rund 650 und bei der Höchstgeschwindigkeit von 137 km/h etwa 975 Umdr./Min. Der Antrieb eines jeden Dreh-gestells kann für sich von Hand ausgekuppelt werden.

Die 2000 PS-Lokomotive soll bei einem Dienstgewicht von 109 t eine Zugkraft von 27000 kg, die 3000 PS-Lokomotive bei einem Gewicht von 163 t eine solche von 41000 kg entwickeln. Die Lokomotiven sollten demnach hinsichtlich ihrer Leistung etwa mit den derzeitigen amerikanischen 2 C 1- und 1 D 1-Lokomotiven

vergleichbar sein, die aber unter Einrechnung des Tenders das Doppelte wiegen und wegen ihrer unausgeglichenen Massen den Oberbau wesentlich mehr beanspruchen. Beim Brennstoffverbrauch rechnet man etwa auf die Hälfte oder zwei Drittel der üblichen Dampflokomotiven oder auf dieselben oder jedenfalls nur wenig höhere Werte als bei einer Diesellokomotive gleicher Leistung. Dafür würden allerdings die Beschaffungskosten einer solchen neuartigen Dampflokomotive sehr hoch ausfallen. R. D.

(Rly. Age 1933, 2. Halb. Nr. 14.)

Betriebserfahrungen mit der 1 E 2 - h 3 v - Hochdruck-Lokomotive der Canadian Pacific Railway.

Über die schon früher beschriebene Lokomotive, die einen Hochdruckkessel nach der Bauart der Schmidtschen Heißdampf-Gesellschaft besitzt*), liegen nunmehr Erfahrungen aus einer mehr als einjährigen Betriebszeit vor. Die Lokomotive macht im Wechsel mit ähnlichen Lokomotiven der Kegelbauart Dienst auf einer sehr schwierigen Strecke, die u. a. eine 36 km lange Steigung von 22⁰/₁₀₀ aufweist, die mit Schlepplasten von 1000 bis 1100 t befahren wird.

Im allgemeinen soll sich die Lokomotive gut bewährt haben. Besonders erwähnt wird der Umstand, daß sie trotz ihrer Sonderbauart von der Mannschaft leicht zu bedienen sei und deshalb auch beim Wechsel in der Bedienung keine besondere Einarbeit erfordere. Das Dreizylinder-Verbundtriebwerk gibt vor allem bei den niedrigen Geschwindigkeiten, mit denen auf den Steilstrecken gefahren werden muß, ein viel gleichmäßigeres Drehmoment als bei den zum Vergleich benutzten Zwillingslokomotiven; aus demselben Grund soll die Versuchslokomotive auch viel weniger zum Schleudern kommen als diese. Der Brennstoffverbrauch soll durchschnittlich etwa 15% geringer sein als bei den Vergleichslokomotiven, die ebenfalls neuester Bauart sind und einen Kesselüberdruck von 19,5 at aufweisen. Bei rascher Fahrt auf weniger schwierigen Strecken soll dieser Minderverbrauch sogar bis zu 25% ansteigen.

Dagegen scheint die Unterhaltung der Lokomotive im Betrieb noch gewisse Schwierigkeiten zu machen und auch teurer zu sein als bei den Vergleichslokomotiven, wie dies ja schließlich bei einer gänzlich neuen Bauart auch zu erwarten ist. Das Auswaschen des Kessels soll umständlich und zeitraubend sein. Auch die Überströmventile zwischen Hoch- und Niederdruckkessel und die Sicherheitsventile sowohl im Höchstdruck- als auch im Hochdruckteil haben offenbar anfänglich nicht genügt und mußten völlig umgebaut werden. Die Kesselspeiseventile am Hochdruckkessel konnten nicht dicht gehalten werden; sie mußten schließlich durch Doppelventile ersetzt werden. Schließlich scheint auch die Feueranfischung durch den ungleichen Auspuff des Dreizylinder-Verbundtriebwerks nicht genügt zu haben; zur Abhilfe sind zunächst Blasrohr und Schornstein geändert worden.

Für ein abschließendes Urteil über die Bewährung der Lokomotive ist indessen die bisherige Betriebszeit noch zu kurz; die Vergleichsversuche sollen daher fortgesetzt werden. R. D.

(Rly. Age.)

*) Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1932, S. 166.

Bücherschau.

M. Beloussoff, Selbstkupplung Sowjetischer Bauart. 110 Seiten
Din A 5 mit 40 Abbildungen.

Nach einer allgemeinen Betrachtung der Vorzüge von Selbstkupplungen und einer kurzen geschichtlichen Einleitung werden die verschiedenen Typen der Sowjetischen Selbstkupplungen von Miroschnitschenko, IRT-3, Bogdanoff, Rykoff und Kostlan beschrieben und durch Abbildungen erläutert. Dann folgen die technischen Bedingungen, denen die Kupplungen entsprechen müssen. Der Hauptteil des Buches ist der Beschreibung der Prüfungen gewidmet, denen die Selbstkupplungen unterzogen wurden. Das Kuppeln und Lösen wurde auf gerader Strecke sowie in Krümmungen und auf Bremsbergen in reinem und

verschmutztem Zustande erprobt. Von August 1932 bis zum 1. Januar 1933 wurden die Selbstkupplungen von Bogdanoff, Miroschnitschenko und IRT in regelrechtem Betriebe sowie in Zügen bis zu 5150 t bei Zugkräften bis zu 62 t geprüft; die beiden zuletzt genannten Bauarten haben sich als dieser Belastung gewachsen erwiesen. Ebenfalls sind Prüfungen auf einer Zerreißmaschine mit allen Ergebnissen beschrieben.

Schließlich wird die Wertung der Prüfergebnisse unter Berücksichtigung der Erfüllung der gestellten Anforderungen nach einem Nummernsystem erörtert. Die Selbstkupplung IRT-3 wird für Eisenbahnfahrzeuge der Sowjet-Union empfohlen.