

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.

82. Jahrgang

15. Mai 1927

Heft 9

Die Donaubrücke bei Mariaort.

Von Reichsbahnoberrat Weidmann, München.

Hierzu Tafel 18 bis 21.

I.

Mit drei Öffnungen wird neben der auf dem linken Ufer gelegenen Wallfahrtskirche Mariaort die Donau auf zwei getrennt nebeneinander liegenden, eingleisigen Brückenüberbauten mit gemeinsamen Widerlagern und Pfeilern von der Bahnstrecke Regensburg—Nürnberg überquert. Die eisernen Überbauten der Brücke, Parallelträger mit oben liegender Fahrbahn von je 65,2 m Stützweite bei 63 m Lichtweite, im Gleise Nürnberg—Regensburg stammten aus dem Jahre 1870/71, dem Erbauungsjahre dieser vorerst eingleisigen Bahnstrecke. Die Überbauten im Zuge des zugehörigen zweiten Gleises Regensburg—Nürnberg wurden bei dessen Ausbau im Jahre 1894 ausgeführt (Textabb. 1).

Die im Jahre 1894 nach den damaligen bayerischen Belastungsvorschriften ausgeführten Überbauten aus Flusseisen genügen bei Zulassung geringer Überschreitungen dem heutigen Lastenzug »E«. Die guten Ergebnisse der in letzter Zeit ausgeführten Materialversuche mit Probestücken, die der Brücke eigens entnommenen Stäben entstammten, ließen deshalb von

Die geringe Tragfähigkeit der im Jahre 1870/71 aus Schweißseisen erstellten Überbauten des Gleises Nürnberg—Regensburg würden auch bei Annahme guter Beschaffenheit des alten Baustoffes einen weitgehenden Materialaufwand zur Verstärkung erfordert haben, ohne daß die ihnen anhaftenden großen konstruktiven Mängel hätten behoben werden können. Es konnte nur die Erneuerung der Überbauten als wirtschaftlichste Lösung in Betracht kommen. Die alten Überbauten dieses Gleises wurden daher im verflossenen Jahre gegen neue ausgewechselt.

Für die Ausführung der neuen Hauptträger wurde eine nach unten gekrümmte Halbparabelform gewählt (Abb. 1, Taf. 18). In Verbindung mit erhöhter Standsicherheit ermöglichte diese die vorteilhafte Ausnutzung des Abstandes zwischen der Bahnkrone und der Oberkante des für die Durchführung der Großschiffahrt über dem höchsten schiffbaren Wasserstande freizuhaltenden Rechteckes und die unveränderte Beibehaltung des in gutem Zustand befindlichen Widerlager- und Pfeilermauerwerks. Die neuen Hauptträger erhielten bei 65,2 m Stützweite in Trägermitte eine Trägerhöhe von 8 m, woraus sich ein Verhältnis der Trägerhöhe zur Stützweite von 1 : 8,15 ergibt. Über den Auflagern beträgt die Systemhöhe der Endpfosten 5,30 m. Der Zusammenschluß der im Zulageverfahren hergestellten Einzelstäbe des Hauptträgers erfolgte in der Werkstätte auf fester Unterrüstung in horizontaler Lage. Nach einer die Überhöhung berücksichtigenden sorgsamsten Nachprüfung wurden die in den Knotenpunkten erforderlichen Nietlöcher gemeinsam durchgebohrt (Textabb. 2 a und 2 b). Auf der Baustelle blieben dadurch beim Ausrichten und Vernieten der Hauptträger größere Nacharbeiten erspart. Nur die nach Freihängung der Überbauten auszuführenden letzten Vernietungen der Windverbandschlüsse erforderten zum Ausgleich geringer

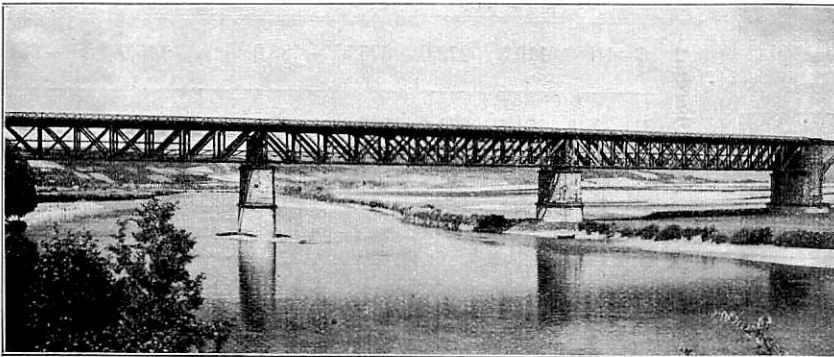


Abb. 1. Brückenansicht vor dem Umbau.

einer Verstärkung dieser Überbauten Abstand nehmen. Nicht uninteressant sind diese Versuchsergebnisse auch deshalb weil sie einem Baustoff entstammen, welcher vor dem in den Berechnungsgrundlagen für eiserne Brücken (BE) als Stichjahr für die erhöhten zulässigen Beanspruchungen bestimmten Jahre 1895 hergestellt wurde.

Es ergaben:

- └ 100 × 150 × 14 eine Zugfestigkeit von 4120 und 3930 kg/cm² gegenüber 3700 bis 4500 kg zulässig und eine Streckgrenze von 3000 und 3170 kg/cm² gegenüber*) 2400 kg/cm² zulässig; die Bruchdehnung beträgt auf 20 cm Meßlänge = 21,7 % gegenüber 20 % zulässig.
- └ 100 × 150 × 12 eine Zugfestigkeit von 3880 und 4190 kg/cm²; eine Streckgrenze von 2930 und 3360 kg/cm² bei 21 % Bruchdehnung.
- └ 80 × 8 eine Zugfestigkeit von 3930 und 3980 kg/cm²; eine Streckgrenze von 3260 und 3170 kg/cm² bei 23 und 26 % Bruchdehnung.

*) 2400 kg/cm² ist die Streckgrenze des nach 1894 eingebauten Flusseisens und Flusstahls St 37, während für das vor 1895 eingebaute Schweißseisen und Flusseisen nur eine mittlere Streckgrenze von 2200 kg/cm² verlangt wird.

Verschiebungen das Aufreiben der hier von Haus aus etwas kleiner gebohrten Nietlöcher.

Zur Erzielung gleichmäßiger Beanspruchung der kastenförmig ausgebildeten zweiwandigen Hauptträger (Abb. 2, Taf. 18) wurden die Querträger zentral über den Fachwerksknotenpunkten mittels 30 mm dicker gewölbter, aus St 48 bestehender Auflagerplatten, auf den oberen Gurtungen gelagert (Abb. 3 und 3a, Taf. 18). Die Gurtungen sind durch Querschotten genügend versteift. Die zwischen die Querträger eingebauten gleich hohen Schwellenträger sind durch Kontinuitätsplatten oben und unten miteinander verbunden.

Die Fahrbahntafel ist durch eine Trennungsfuge in Überbaumitte geteilt.

Zwischen den Stützwinkeln der an der Trennungsfuge auf Querträgerkonsolen gelagerten Schwellenträgerenden ist ein federndes Stehblech eingebaut, welches durch wagrechte Federung den Längenausgleich zwischen Fahrbahntafel und Obergurt der Hauptträger ermöglicht. Das Federblech ist ähnlich wie bei der Lechbrücke bei Hochzoll (s. »Die Bautechnik«, Fachschrift für das gesamte Bauingenieurwesen, Heft 20 und 22 des Jahrgangs 1926) mit dem benachbarten Querträger wagrecht und senkrecht in Verbindung gebracht und dient dazu, die wagrechten

Kräfte (Windkräfte und Seitenstöße), sowie die negativen Auflagerkräfte der kontinuierlich durchgeführten Schwellenträger in den Querträger überzuleiten. Durch je zwei zusammengeietete Flacheisen 250/10, die zwischen die Gurtwinkel der Querträger an Stelle des Stehbleches eingebaut und verlascht sind, werden die Konsole, die zur Auflagerung der Schwellenträger in der Trennungsstelle der Fahrbahntafel dienen, beiderseitig im Querträger aufgehängt (Abb. 1, Taf. 19). Die in die Konsole aus den aufgelagerten Längsträgern übergehenden Auflagerdrücke finden in den mit den Querträgern vernieteten Längsträgern der anderen Fahrbahntafelhälfte ihre Gegendrücke.

In jeder der beiden Fahrbahntafelhälften stützt sich der eingebaute Bremsverband gegen den über den Knotenpunkten III bzw. III' sitzenden, durch Stahlbolzen mit den Hauptträger-

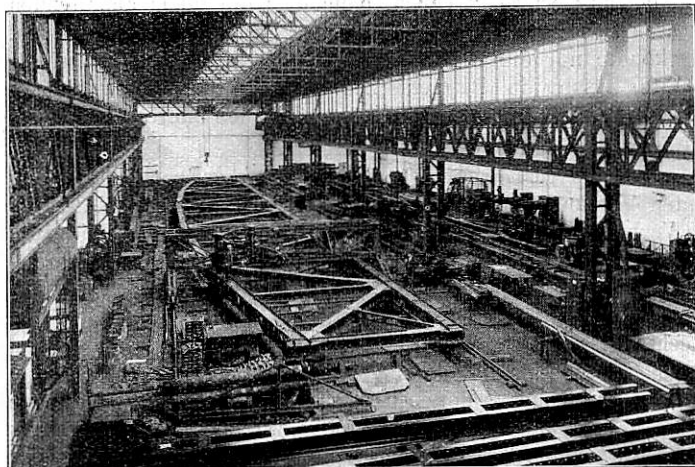


Abb. 2a. Die Hauptträger in der Zulage.

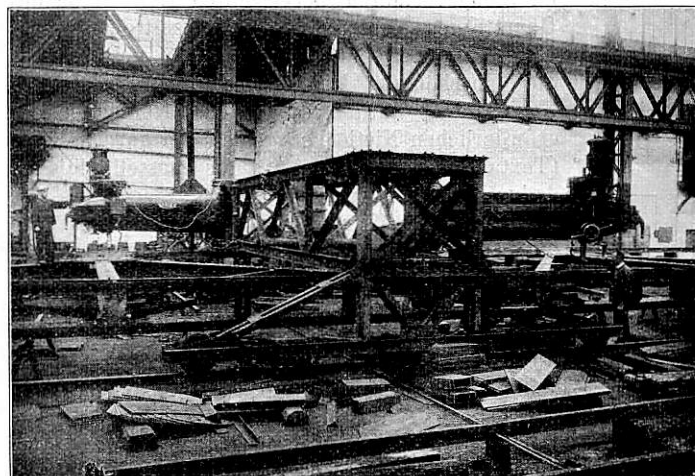


Abb. 2b. Die Bohrwagen mit den angebauten „Raboma“ Bohrmaschinen.

gurtun unverschieblich verbundenen Querträger (Abb. 1, Taf. 19). Die übrigen Querträger sind infolge der in den unteren Flanschen vorgesehenen genügend weiten Langlöcher parallel zur Längsachse der Hauptträger beweglich. Den Durchbiegungen und Verschiebungen von Fahrbahntafel und Hauptträger beim Befahren der Brücke oder bei Temperaturwechsel ist hierdurch Rechnung getragen. Die zur Verbindung der Querträger mit den Hauptträgerobergurten dienenden kegelförmigen Stahlbolzen mit Kopf sind mittels Hammerschlägen von unten, festsitzend in die Deckflacheisen des Hauptträgergurttes eingetrieben.

Schuppenförmig ausgebildete Verbände versteifen die Ober- und die Untergurte beider Hauptträger gegen die wagrecht angreifenden Kräfte. Die Schwellenträger besitzen einen in

der üblichen Zickzacklinie angeordneten Schlingerverband. Senkrechte Querverbände sind nur zwischen die zu Endquerrahmen verbundenen Endpfosten der Hauptträger eingebaut.

Die Auflagerstühle bestehen aus Stahlguß von 5200 kg/cm² Festigkeit. Für die unbelastete Brücke errechnet sich eine 2,3 fache und für die belastete eine 1,81 fache Standsicherheit. Die Durchbiegung f_g der Hauptträger im mittleren Knotenpunkt beträgt für die ständige Last 2,7 cm; für die Verkehrslast, ohne Berücksichtigung der Stoßzahl, errechnet sie sich zu $f_p = 6,6$ cm, woraus sich die den Überbauten in Trägermitte nach BE zu gebende Überhöhung $ü = f_g + 1/2 f_p =$ rund 60 mm ergibt.

Die Herstellung der Brücke*) erfolgte in hochwertigem Bau-stahl St 48 mit einer Festigkeit von 48—58 kg/mm², 18% Mindestbruchdehnung und 29 kg/mm² Streckgrenze. Für die Pfosten der Hauptträger wurde die Stoßzahl 1,61 der von ihnen abgestützten Querträger in Rechnung gestellt, während im übrigen für die Querschnittsbemessung der Hauptträger die Stoßzahl 1,35 verwendet wurde. Die beiden, an die Hauptträgerobergurte angehängten Revisionsstege sind aus St 37 erstellt. Das Gesamtgewicht der Brücke beträgt:

$$817,2 \text{ t St 48} + 32,8 \text{ t St 37} = \text{zusammen } 850,0 \text{ t.}$$


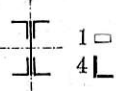
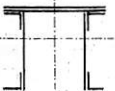
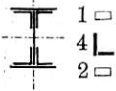

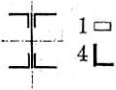

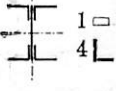

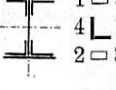

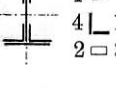
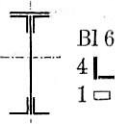
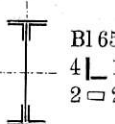
Die Ausführung der Brücke erfolgte für den Lastenzug »N«.

In nachstehender Tabelle sind die hierfür ermittelten Stabkräfte und die benötigten Querschnitte der Stäbe, sowie der für die Fahrbahntafel benötigten Quer- und Schwellenträger zusammengestellt.

Zusammenstellung der größten Stabkräfte.

	Stab	S_g t	S_p t	$\varphi \cdot S_p$ t	$S_g + \varphi S_p$ t	$S_w + b + s + r$ t	S_{max} t
Obergurt	I—III	-110,5	-272,0	-375,5	-486,0	-145,0	-631
	III—V	-151,5	-371,0	-512,0	-663,5	-175,0	-839
Untergurt	0—2	+73,0	+180,1	+248,5	+321,5	+75,5	+397
	2—4	+139,0	+340,6	+470,0	+609,0	+87,0	+696
	4—5	+158,0	+384,9	+531,2	+689,2	+85,2	+774
Diagonalen	0—I	-93,0	-230,5	-318,1	-411,1	-30,2	-441
	I—2	+57,7	+155,4	+214,5	+272,2	+22,4	+295
	2—III	-42,0	-127,2	-176,0	-218,0	-13,9	-232
	III—4	+20,4	+93,8 -41,8	+129,6 -57,7	+150,0 -37,4	+10,1 -11,5	+160 -49
	4—V	-10,1	-79,8 +53,7	-110,0 +74,2	-120,1 +64,1	-13,3 +10,4	-133 +75
Vertikalen	0—II	-7,8	-31,8	-51,2	-59,0	-3,3	-62
	2—II						
	4—IV	-15,5	-50,7	-82,0	-97,5	-7,0	-105
Auflagerdruck		77,5	197,0	272,0	349,5	95,6	445

*) Es sind unter der Benennung „Brücke“ sowohl im Aufsatz als auch in den dazu gehörigen Zeichnungen stets die Überbauten des Gleises Nürnberg—Regensburg zu verstehen.

Stab	Querschnittsform	Stab	Querschnittsform
O _{I-III}	 1 □ 670.12 2 □ 500.16 4 L 120.120.11	D _{I-2}	 1 □ 360.12 4 L 150.100.14
O _{III-V}	 2 □ 670.12 2 □ 500.16 4 L 120.120.11 2 □ 120.16	D _{2-III}	 1 □ 360.10 4 L 120.120.11 2 □ 300.10
U ₀₋₂	 2 □ 500.16 4 L 120.120.11 von 0-1 noch 2 □ 255/11	D _{III-4}	 1 □ 360.10 4 L 120.120.11
U ₂₋₄	 4 □ 500.16 4 L 120.120.11	D _{4-V}	 1 □ 360.10 4 L 100.150.14
U ₄₋₅	 4 □ 500.16 4 L 120.120.11 2 □ 255.11	V ₀₋₈	 1 □ 360.16 4 L 100.150.12 2 □ 340.16
D ₀₋₁	 1 □ 360.10 5 L 1 0.150.14 2 □ 340.16	V _{4-IV}	 1 □ 360.10 4 L 100.150.12 2 □ 300.10
Schwellenträger-Querschnitt		Querträger-Querschnitt	
 BI 658.12 4 L 120.120.13 1 □ 260.12		 BI 650.14 4 L 120.130.15 2 □ 260.10	

II.

Beim Bau der nunmehr abgebrochenen alten Brücke stürzte aus jetzt nicht mehr feststellbaren Ursachen am 10. Oktober 1871 das hölzerne Baugerüst samt dem darauf liegenden eisernen

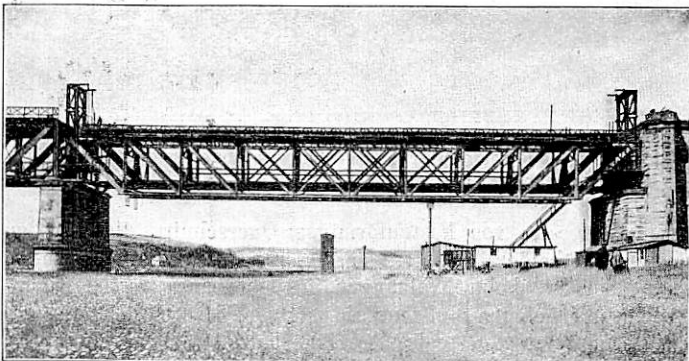


Abb. 3a.

Beginn der Absenkung des rechtsuferigen alten Überbaues.

Überbau in die Donau, wobei von 26 Mann der Brückenbauanstalt sechs tödlich verunglückten und sieben verletzt wurden. Wahrscheinlich ist es, daß die an der Brückenbaustelle im Strombett ziemlich hoch anstehende Felsbank nicht hinreichend mit Kies überlagert war, um gerammten Gerüstpfosten bei steigendem Wasser einen sicheren Halt gegen einsetzende

stärkere Strömungen zu geben. Die Kenntnis dieses Bauunglücks legte es im regen- und hochwasserreichem Jahre 1926 nahe, für die Aufstellung der neuen Überbauten eine Aufstellungsart anzuwenden, bei welcher man nicht nur von der Bodenbeschaffenheit des Strombettes und der Mißgunst der Elemente

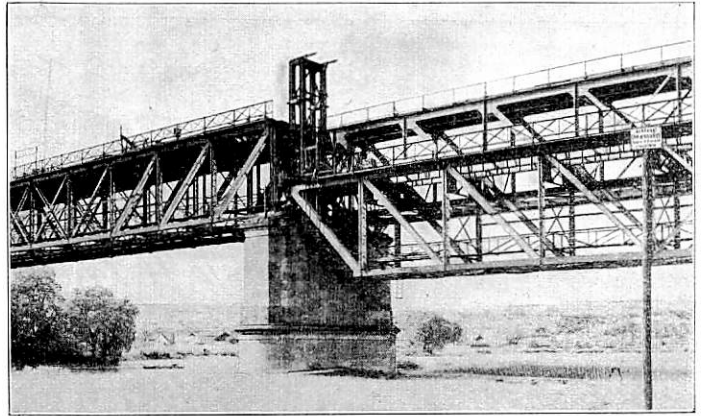


Abb. 3b. Klettergerüst auf dem Pfeiler während der Absenkung des alten Überbaues.

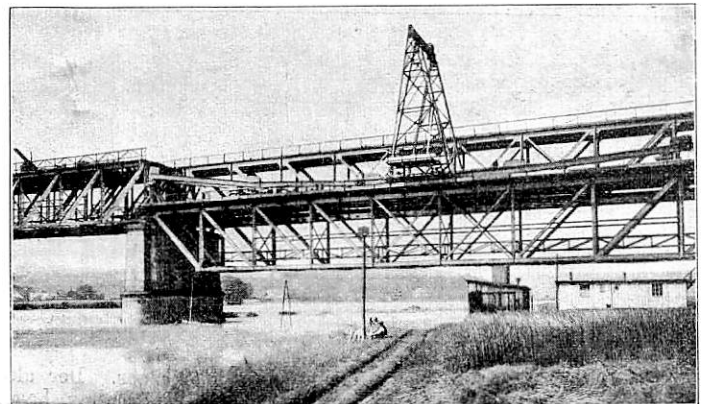


Abb. 4a. Verlegung des Untergurtes zum neuen Überbau auf der über dem abgesenkten Überbau hergerichteten Plattform.

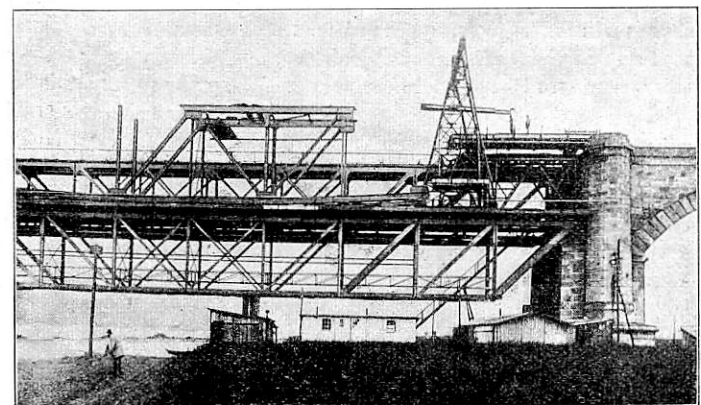


Abb. 4b. Der Fortschritt des Zusammenbaues. Die Konstruktionsteile werden durch einen verfahrbaren Kran vom Bahnwagen aufgenommen und zur Einbaustelle verbracht.

unabhängig, sondern auch gleichzeitig in der Lage war, die von der Strombauverwaltung vorgeschriebenen Maßnahmen, bezüglich der Durchführung der Schifffahrt zu erfüllen. Die Überlegungen führten dazu, die zum Abbruch kommenden alten Überbauten als Rüstbrücken für die neuen Überbauten zu verwenden. Der Arbeitsgang wurde so festgesetzt, daß zuerst

der alte Überbau auf der rechten (Regensburger) Seite abgesenkt wurde (Textabb. 3a und 3b). Die dazu verwendeten Geräte und Gerüste wurden alsdann auf die linke (Nürnberger) Uferseite verbracht und der hier befindliche Überbau in gleicher Weise abgesenkt (Textabb. 4a bis 4d). Nach Erstellung einer entsprechenden Arbeitsplattform auf dem bereits abgesenkten

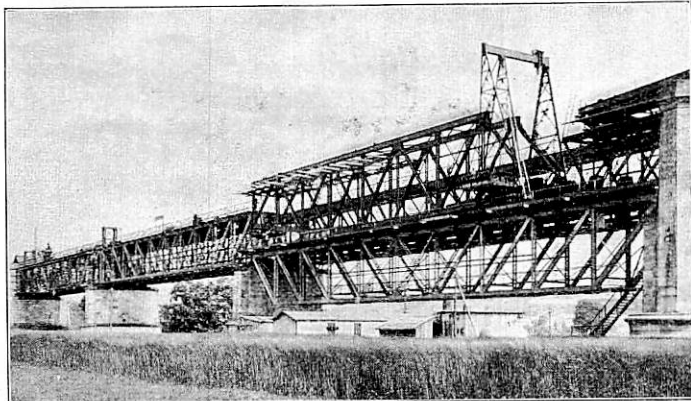


Abb. 4c. Während der neue Überbau auf der Plattform des abgesenkten alten Überbaues zusammengebaut wird, werden die Klettergerüste zwecks Absenkens des linksuferigen Überbaues dort aufgestellt.

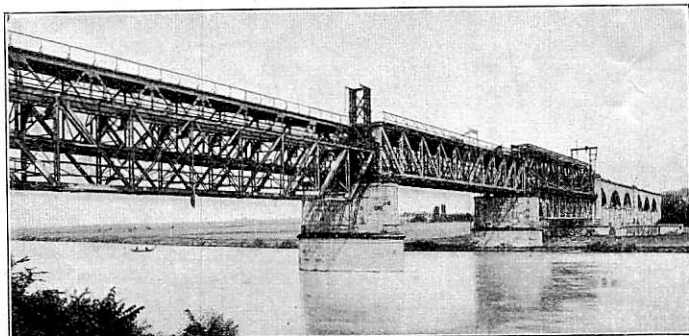


Abb. 4d. Absenken des linksuferigen alten Überbaues. Der alte Überbau über der Mittelöffnung ruht noch in seiner alten Lage. Der Zusammenbau des neuen rechtsuferigen Überbaues geht der Vollendung entgegen.

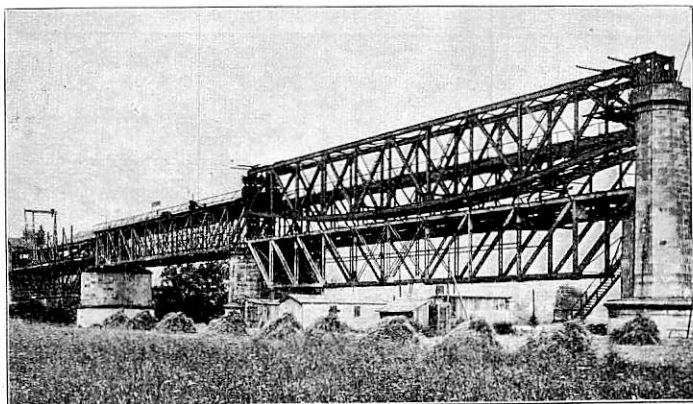


Abb. 5. Der an den neuen Überbau nunmehr angehängte alte Überbau wird für den Abbruch durchgebrannt. Die leicht entfernbaren Stücke werden zu Boden gelassen. Der neue Überbau ist im Klettergerüst gelagert.

rechten Überbau wurde der neue Überbau darauf zusammengebaut. Dieser wurde alsdann mit dem angehängten vorher gekürzten und mehrfach durchschnittenen alten Überbau abgesenkt und in seine Auflager abgesetzt (Textabb. 5). Der alte Überbau wurde darauf gänzlich entfernt. In gleicher Weise wurde dann mit dem Überbau der linksseitigen und schließlich auch

dem der Mittelöffnung verfahren (Textabb. 6 und 7). In ihren Einzelheiten sind die Arbeitsvorgänge folgende:

Um die Möglichkeit zur Absenkung der alten Überbauten zu schaffen, mußte zuerst die Verlegung des Brückenstützpunktes vom Untergurt in den Schnittpunkt der Enddiagonalen mit dem Obergurt und die Entfernung der dadurch überzählig gewordenen Stäbe 0—0 und 0—1 erfolgen. Der Überbau wurde zu diesem Zweck von seinen Auflagern abgehoben und freihängend. Die Vorkehrungen zur Durchführung des Abhebens und Freihängens, sowie die daran anschließende Absenkung wurden in folgender Weise getroffen: An den beiden Enden des Überbaues wurden Klettergerüstböcke aufgestellt, die aus je zwei Paar eisernen Stielen bestanden. Quer zur Brückenachse waren die zusammengehörigen Stiele durch Verbände, längs dazu jedoch nur an Kopf und Fuß durch Bleche verbunden. Dazwischen waren leicht auswechselbare Verbindungen der Stielpaare durch Bolzen geschaffen (Taf. 20). Die Klettergerüste dienten dazu, eigens hergestellte

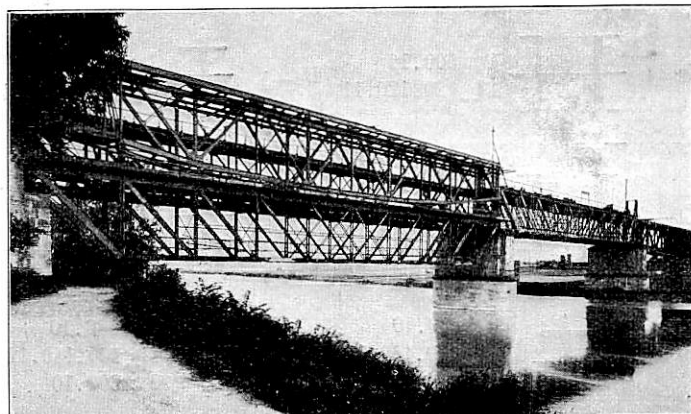


Abb. 6. Aufbau des neuen linksuferigen Überbaues auf der Plattform des abgesenkten alten Überbaues.

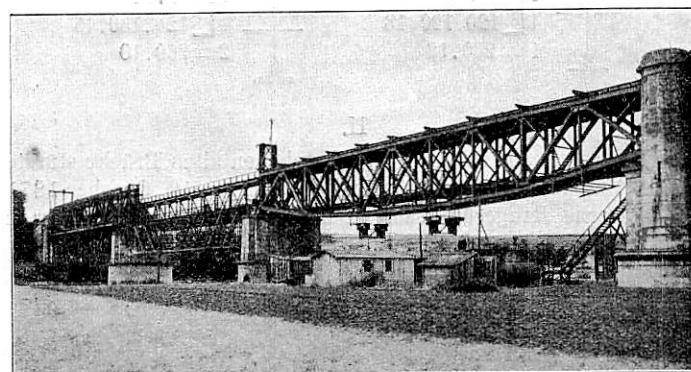


Abb. 7. Der neue rechtsuferige Überbau ist abgelassen und in seine Auflager versetzt. Der alte Überbau ist gänzlich entfernt.

Blechträger »A« von kastenförmigem Querschnitt, die mit den Obergurten beider Hauptträger des Überbaues so verbunden waren, daß sie beim Freihängen des Überbaues dessen Eigengewicht übernehmen mußten, abzustützen. Durch den Steg des Blechträgers »A« gesteckte Auflagerbolzen von rechteckigem Querschnitt mit gerundeter unterer Seite fanden ihre Auflagerung in den zusammengehörigen Pfosten der Schmalseite des Klettergerüsts. Die Hebung bzw. Senkung des Brückenüberbaues erfolgte durch hydraulische Hebeböcke. Diese und die sie stützenden Stapel aus Hartholz ruhten auf Blechträgern »B« mit ebenfalls kastenförmig ausgebildeten Querschnitten. Diese Stützträger »B« saßen mit ihren Untergurten auf Tragbolzen, welche in den Pfosten des Klettergerüsts gelagert wurden. Die beiden Tragwände der Stützträger »B« mußten zur Umschließung der Endpfosten des alten Überbaues in das Klettergerüst getrennt

eingbracht werden. Nach ihrem Einbau wurden beide Hälften durch stirnseitig angeschraubte, den Kastenquerschnitt überdeckende Bleche miteinander verbunden. Weiter verbanden zwei kräftige Platten symmetrisch über der Längsachse der Tragbolzen die oberen wagrechten Gurtwinkelschenkel der beiden Kastentragwände. Auf diesen mit kräftigen Querrippen abgestützten Platten wurden die zum Unterbauen der Hebeböcke erforderlichen, aus über Kreuz gelegten Vierkanthölzern hergestellten Stapel aufgebaut. Durch diese Aufbauweise war in der Unterklotzung der Hebeböcke ein inniger Verband hergestellt, welcher durch Aufsitzen des Stempels oder der Zylinderpratzen der Hebeböcke immer unter Spannung gehalten wurde. Die Höhe dieser Hölzer war mit etwa 10 cm dem Hubweg des Zylinders, die Seitenbreite mit 16 cm der Grundfläche der Zylinderfüße (Pratzen) bzw. des Stempelfußes der hydraulischen Hebeböcke angepaßt. Mit Rücksicht auf den hohen spezifischen Flächendruck mußten für die Unterklotzung Harthölzer verwendet werden. Der Zweck der Holzstapel war die Schaffung

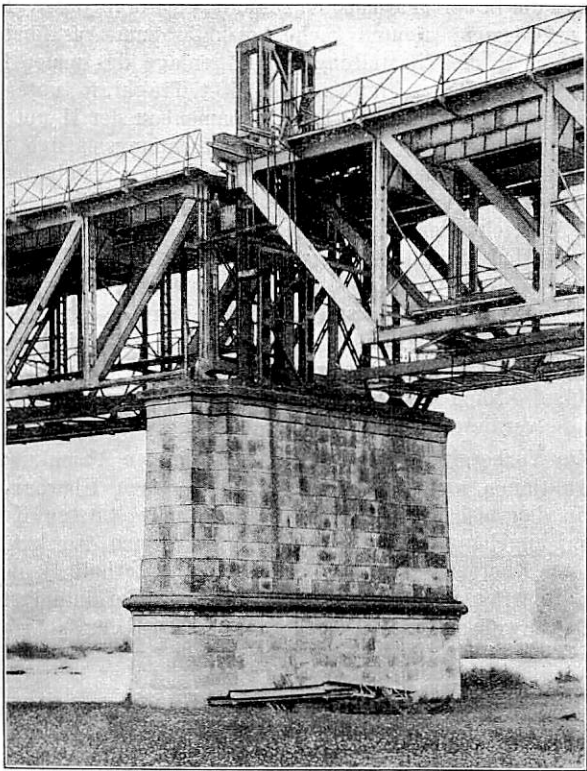


Abb. 8. Anheben des alten, durch Abtrennen der Endpfosten und äußersten Untergurtstäbe vorgerichteten, im Klettergerüst eingehängten rechtsuferigen Überbaues vor der Absenkung.

höhenveränderlicher Unterlagen der Hebeböcke. Nachdem alle Vorkehrungen getroffen waren, wurden die unter den beiden Hauptträgerenden aufgestellten Hebeböcke durch Prefspumpen, welche auf der mit Bohlen abgedeckten Obergurtoberfläche des Überbaues ihre Stellung hatten, von Hand in Betrieb gesetzt. Der Überbau wurde dadurch von seinen Auflagern einige Zentimeter abgehoben (Taf. 21, 1. Vorgang und Textabb. 8). Durch Unterklotzung der Zylinderpratzen in dieser Schwebelage festgehalten, wurde er durch Einstecken der Tragbolzen in die mit den Hauptträgern festverbundenen Überträger »A« in den Klettergerüstpfosten aufgehängt. Hierauf wurden die Endpfosten 0 und die Untergurtstäbe 0 — 1 abgebrannt (Taf. 21, 2. Vorgang), zwischen die nunmehrigen Enddiagonalen des Überbaues ein Querverband eingebaut und die neuen Stützpunkte des Überbaues lagerfußartig ausgebildet. Jetzt wurde mit der eigentlichen Absenkung begonnen. Dadurch, daß die Hölzer abwechselnd unter dem Stempel und den Pratzen fortgenommen

wurden, kletterte die Last 10 um 10 cm nach unten. Wurde der Stempel angezogen, so wurden die Hölzer unter diesen frei und konnten herausgezogen werden. Die Last ruhte während dieser Zeit auf den Pratzen. Wurde darauf der Stempel vordrückt bis er die Last wieder aufnahm, so wurden die Hölzer unter den Pratzen frei. Nach Fortnahme dieser und Ablassen des Druckes sank die Last langsam, bis wieder die Pratzen zum Aufliegen kamen (Taf. 21: 3., 4. und 5. Vorgang). Die Stabilität der Holzstapel erforderte für alle Lagen der Absenkung eine leichte Überwachungsmöglichkeit. Die senkrechten Abstände von etwa 700 mm der in den Klettergerüstpfosten zur Lagerung der Tragbolzen gemachten Ausschnitte waren daher für die einzelnen Absenkungsstufen der Last und die damit zusammenhängenden Unterklotzungshöhen gut bemessen. Die Gesamthöhe der Holzstapel, welche gleich der fortlaufenden Absenkungsmöglichkeit war, betrug jeweils 0,8 bis 0,9 m pro Arbeitsgang.

Nach rückwärts waren die Klettergerüstpfosten gegen das Kammermauerwerk der Widerlager, auf den Pfeilern gegen den Überbau der Mittelöffnung abgestützt, wodurch ein stärkeres Schwingen der Last beim wechselseitigen Absenken der beiden Enden des Überbaues verhütet wurde. War ein Holzstapel

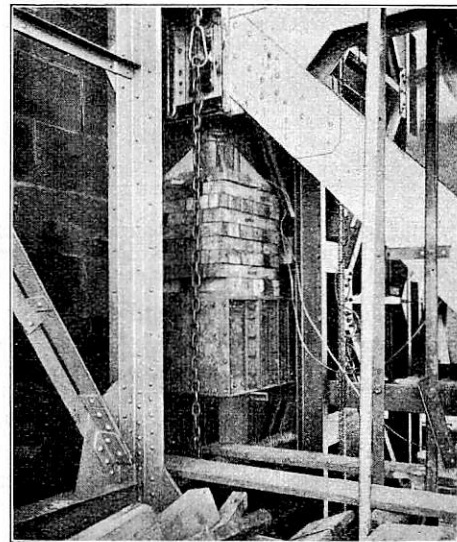


Abb. 9. Stützung des alten Überbaues im Klettergerüst während der Absenkung.

lagenweise abgebaut, so wurde der Überbau im Klettergerüst vorübergehend aufgehängt. Nach Absenken des Stützträgers »B« um eine Lochteilung und Wiederaufbau der Holzstapel (Textabb. 9) übernahmen die Hebeböcke wieder die Last und der Arbeitsgang begann nach Entfernung der Tragbolzen im Überträger »A« in vorbeschriebener Weise von neuem. Während der Umsetzung der Stützträger »B« blieben die Hebeböcke mittels leichter Stiftschrauben an dem Hauptträgerlagerfuß befestigt (Textabb. 9 und 10). Als schließlich die Stützträger »B« auf dem Mauerwerk angelangt waren, wurde der Überbau noch bis auf ein Mindestmaß, welches den Ausbau der Stützträger »B« gerade noch zuließ, abgesenkt und dann mittels der Überträger A wiederum im Klettergerüst aufgehängt. Die Stützträger B wurden jetzt ausgebaut. Nach nunmehriger Errichtung der Holzstapel unmittelbar auf dem Widerlagermauerwerk erfolgte die Absenkung des Überbaues noch soweit, daß nach einer letzten Aufhängung der Last der Stapelrest samt Hebeböcken entfernt werden konnten (Taf. 21: 6. Vorgang). Ein aus drei Stücken zusammengesetzter Breitflanschträger auf Holzunterlagen wurde verlegt und auf diesem die Holzstapel samt Hebeböcken unter der Stützachse der Tragbolzen eingebaut. Zur Erzielung der erforderlichen Grundfläche wurden

neben den Breitflanschträgern I 28 B noch beiderseits Stücke aus INP-Trägern von gleicher Höhe verlegt und diese durch Querrippen sowie obere und untere Blechplatten mit dem Breitflanschträger verbunden. Durch Anpressen der Hebeböcke gegen den Überträger A wurden schliesslich die Tragbolzen so entlastet, dass sie entfernt werden konnten. Das hierdurch freigewordene Klettergerüst wurde abgebrochen. Der Überbau wurde nun noch weiter abgesenkt und schliesslich auf Rollen-

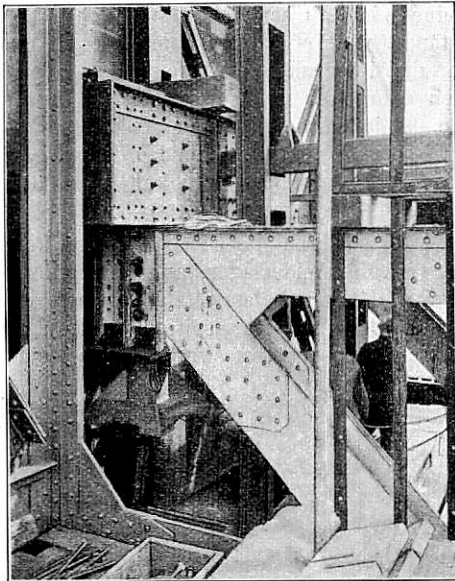


Abb. 10. Aufhängung des alten Überbaues im Klettergerüst. Zur leichteren Ermöglichung des Umbaus des Holzstapels sind die Hebeböcke an den Auflagerstützpunkten des Überbaues befestigt.

lager, welche auf dem unterlegten Breitflanschträger senkrecht zur Längsachse des Überbaues seitlich verschiebbar waren, abgesetzt (Taf. 21: 7. und 8. Vorgang und Abb. 2 und 2a, Taf. 19). Durch eine Seitenverschiebung des abgesenkten Überbaues von 750 mm wurde zwischen den Überbauten der beiden Gleise Raum für die Aufstellung eines Montagekranes gewonnen. Nach der Durchführung der Verschiebung wurden die Rollen des landseitigen rechten Auflagers um 90° gedreht

Brückenlängsrichtung von Hand zu verfahrender, mit elektrischem Hub- und Katzenantrieb ausgerüsteter Portalkran verwendet. Die Arbeitsstätte war auf die ganze Brückenlänge gegen das im Betrieb befindliche Gleis durch ein Geländer abgeschlossen.

III.

Um die ankommenden Brückenteile ohne Umladung zur Verwendungsstelle bringen zu können, war das Zufahrtsgleis über das Kammermauerwerk hinaus soviel verlängert, dass die Entladung der Bahnwagen und eine Absetzung der Brückenteile an ihren Einbaustellen mittels des Montagekranes möglich war. Hierzu wurde das Gleis im Anschluss an das Kammermauerwerk durch ein auf dem abgesenkten alten Überbau aufgestelltes Eisengerüst unterfangen (Textabb. 4 c). Zur Unterstützung der Endpfosten dienten während des Aufbaues der neuen Hauptträger Holzböcke. Mit über Kreuz verlegten, einerseits auf den Gurtungen, andererseits auf den Schwellenträgern des alten Überbaues aufgelagerten Holzstapeln, wurden die zwischenliegenden Knotenpunkte unterbaut (Textabb. 11). Soweit es die in der gebrochenen Linie des Untergurtes liegenden Stäbe erforderten, dienten Eichenholzkeile zum Ausgleich der Schräge. Für die Einstellung der Höhenlage des neuen Überbaues wurden Hebeschrauben von 30 t Tragkraft unter den Knotenpunkten vorgesehen. Der Zusammenbau der Hauptträger erfolgte in üblicher Weise. Da die rechnermäßige Überhöhung schon in der Zulage der Brückenbauanstalt berücksichtigt worden war, brauchten auf der Baustelle nur noch kleine Abweichungen ausgeglichen zu werden. Im Anschluss hieran wurden die Stöße und Knotenpunkte der Hauptträger vernietet. Vor Abschluss dieser Vernietungen wurden die Klettergerüste, die mittlerweile zur Absenkung des linksuferigen Überbaues gedient hatten, wieder eingebaut und dadurch die erforderlichen Stützpunkte zum Freihängen des Überbaues geschaffen. Nach vollzogener Freihängung wurden die Querverbände vernietet.

Zur Vorbereitung der nun vorzunehmenden Absenkung der Konstruktionen wurde der alte an den neuen Überbau, und zwar in den bisher durch Holzaufbauten unterstützten Knotenpunkten angehängt (Abb. 3, Taf. 19). Zu diesem Zweck wurden über den Knotenblechen der neuen und unterhalb jener der alten Hauptträger paarweise aus IC gebildete Verbindungsträger eingebaut, welche durch Anschläge gegen seitliches Verschieben

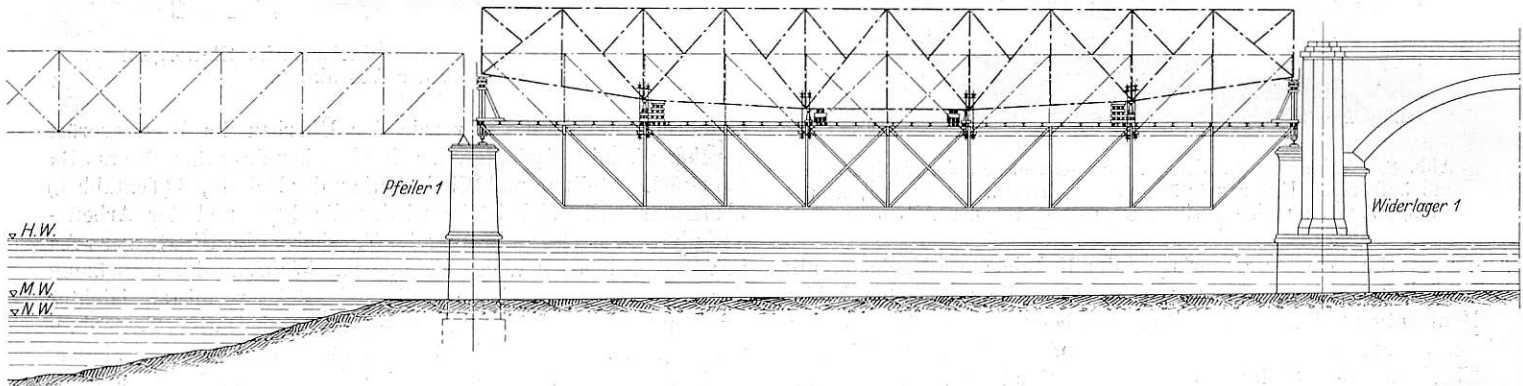


Abb. 11. Neue Brücke während der Aufstellung.

Der alte Überbau wird zum Zwecke seiner Absenkung nach Fertigstellung des neuen Überbaues mit diesem durch $\frac{1}{2}$ Verbindungsschrauben zusammengeschlossen.

und die des linken, talseitigen, entfernt. Der Höhenunterschied wurde hier durch Flacheisen ausgeglichen, so dass die Lagerung des für den weiteren Fortgang der Arbeit als Montagegerüst dienenden alten Überbaues den statischen Anforderungen entsprach. Die bisherige Behelfsabdeckung der Hauptträger wurde entfernt und hierfür eine Arbeitsbühne von genügender Breite und Tragfähigkeit für den Aufbau des neuen Überbaues hergerichtet. Für den Zusammenbau des letzteren wurde ein in der

gesichert, je vier aus Rundeisen $1\frac{7}{8}$ " englisch hergestellte, mit Doppelmuttern versehene Hängestangen aufnehmen. Zur Minderung des abzulassenden Gewichtes wurden nach Abbruch des jetzt nicht mehr benötigten Gerüstbodens alle noch weiter entfernbaren Teile, so Untergurte, Diagonalen, Pfosten, Schwellen- und Querträger im Brennschneideverfahren abgetrennt und mittels Drahtseilen zu Boden bzw. in einen bereitstehenden Kahn abgelassen (Textabb. 12).

Die beiden Tragwände des oberen Kastenträgers A (Überträgers) waren durch besondere Anschlußwinkel mit den Flanschen der Endpfosten des neuen Überbaues, unter Benutzung der in den oberen Pfostenenden vorhandenen Nietbohrungen, verschraubt. Die Abstützung des durch den neuen mit anhängenden Teilen des alten Überbaues belasteten Trägers »A« erfolgte durch Holzstapel und Hebeböcke, außenseits der Endpfosten des neuen Überbaues (Textabb. 13). Die sich hieraus errechnenden ungünstigeren Belastungsmomente erforderten einen stärkeren Stützträger »B«, als er zur Absenkung des alten Überbaues verwendet wurde. Zur Begrenzung der seitlichen Verschiebbarkeit wurde der Lichtabstand der beiden Tragwände nur wenige Zentimeter weiter gehalten als es die Breite des umschlossenen Hauptträgerpfostens erforderte. Um mit den bisherigen Trag-

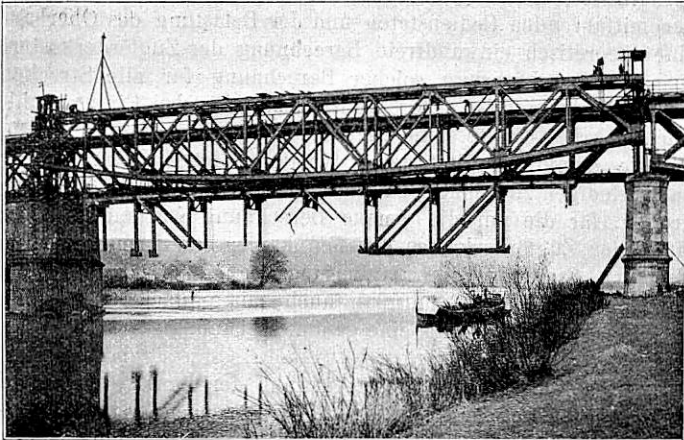


Abb. 12. Abbruch des an den neuen Überbau der Mittelöffnung angehängten alten Überbaues. Die Abbruchstücke wurden in einen Kahn abgelassen.

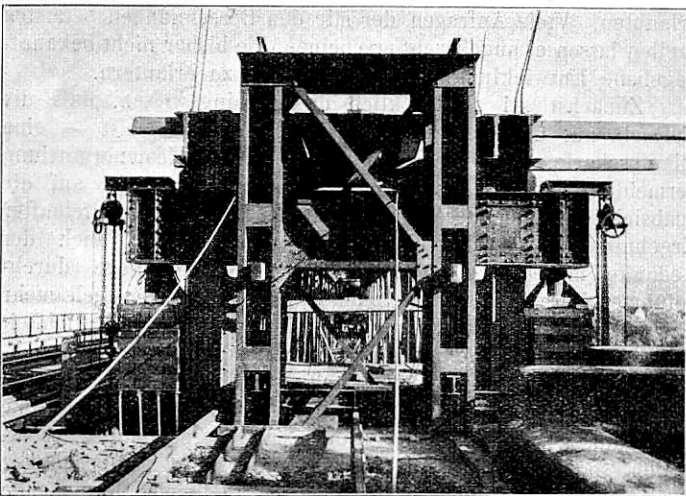


Abb. 13. Aufhängung des neuen Überbaues im Klettergerüst während der Absenkung.

bolzen auszukommen, wurden auch die Stiele des Klettergerüsts enger zusammengedrückt (Taf. 20). Die Absenkung des neuen mit den noch anhängenden Teilen des alten Überbaues wurde in ähnlicher Weise (Taf. 21: 9. und 10. Vorgang) durchgeführt, wie sie beim Absenken des alten Überbaues beschrieben. Dadurch, daß sowohl die Hilfsträger als auch die Tragbolzen in leicht zu handhabenden Schraubenflaschenzügen hingen, waren die jeweiligen Umstellungen auf die nächste Absenkungsstufe einfach durchzuführen. Nach Absetzung der neuen Brücke auf die Verschubträger wurde der Rest des alten Überbaues entfernt. Der neue Überbau wurde sodann in seine Gleisachse verschoben. Nach Ausbau des mittleren Verschubträgerstückes wurden die

Hebeböcke unter die Anhubträger der Endquerrahmen des neuen Überbaues gestellt, die Brücke soweit angehoben, daß die seitlichen Stücke des Verschubträgers ebenfalls ausgebaut, hierfür die endgültigen Lagerstühle eingebaut und in diese der neue Überbau abgesetzt werden konnte (Taf. 21: 11. und 12. Vorgang und Abb. 2, Taf. 19).

Auf dem in seinen Lagern nunmehr satt aufsitzenden neuen Überbau wurde die Fahrbahntafel mittels abgestrebter Standbäume verlegt.

Der Umbau der Brücke wurde am 28. April 1926 begonnen. Die Absenkung des letzten neuen Überbaues erfolgte am 16. und 17. November 1926.

Die jeweils auf der Brückenbauanstalt zur Ablieferung kommenden Baustoffe wurden vor ihrer Verarbeitung im mechanisch-

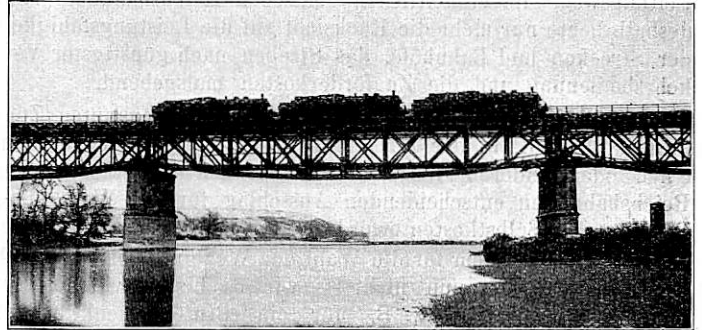


Abb. 14. Probelastung der neuen Brücke mit drei schweren Lokomotiven S 3/6.

technischen Laboratorium der Technischen Hochschule in München nochmals Kontrollversuchen unterzogen. Bei der Neuartigkeit des Baustoffes ergaben sich hinsichtlich der Erfüllung der Abnahmebedingungen begrifflicher Schwierigkeiten, welche Ersatzlieferungen notwendig machten. Diese haben die Ausführung des Bauwerkes verzögert und dessen verhältnismäßig lange Bauzeit veranlaßt. Es kann jedoch festgestellt werden, daß das Lieferwerk, die Burbacher Hütte in Saarbrücken,

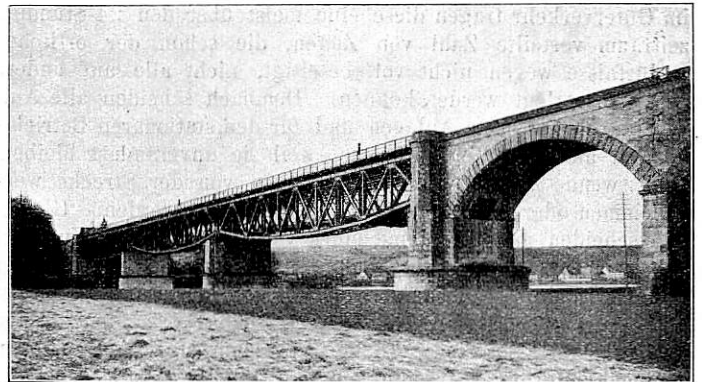


Abb. 15. Ansicht der fertigen Brücke nach dem Umbau.

schließlich einen in jeder Beziehung einwandfreien Baustoff St. 48 lieferte. Am 21. Dezember 1926 wurde die Probelastung unter Verwendung von drei schweren Lokomotiven S 3/6 vorgenommen (Textabb. 14); die gemessenen Durchbiegungen stimmen ziemlich genau mit dem hierfür theoretisch ermittelten Werte überein. An den Konsolen der Teilungsstelle der Brücke wurden Bewegungen der aufgelagerten Schwellenträger von 3 bis 4 mm festgestellt. Der zweigleisige Betrieb auf der Strecke Regensburg—Nürnberg wurde am 22. Dezember wieder aufgenommen (Textabb. 15).

Die Ausführung der Brücke ist eine anerkennenswerte Leistung der Firma B. Seibert, G. m. b. H. in Aschaffenburg. Die Durchführung der Aufstellung kann als vorbildlich gelten.

Die Ermittlung der Zugförderkosten der Güterzüge als Unterlage für die Wahl der Leitungswege.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. A. Baumann, Berlin.

Die Beförderung der Wagenladungsgüter innerhalb des Reichsbahngebiets ist an bestimmte Leitungswege gebunden. Diese sind aus alten, in erster Linie für die Tarifbildung wichtig gewesenen Wegevorschriften heraus entstanden, bei deren Aufstellung noch der Wettbewerb der ehemaligen Länder-eisenbahnen und teilweise der früheren Privateisenbahnen mit-gesprochen hatten. Der tarifliche Zweck dieser Vorschriften ist — wenigstens für den deutschen Binnenverkehr — bedeutungslos geworden, weil ohne Rücksicht auf den gefahrenen Weg die Fracht für das Gut nach dem kürzesten fahrbaren Weg zwischen Abgangs- und Zielstation berechnet wird. Für die Wahl der Leitungswege im einheitlichen deutschen Reichsbahnnetz sind deshalb heute nur mehr die Rücksicht auf die Leistungsfähigkeit der Strecken und Bahnhöfe, das Streben nach günstigster Verkehrsbedienung und die Zugförderkosten maßgebend.

Vielfach gibt ein Vergleich der zuletzt genannten Zugförderkosten, d. h. der für die Beförderungsleistung auf dem einen oder anderen Wege aufzuwendenden Selbstkosten der Reichsbahn den entscheidenden Ausschlag für die Wahl eines Weges. Die Selbstkosten erfordern also sorgfältige Ermittlung.

Es darf bei dem für die Wahl der Wege nötigen Vergleich mehrerer Strecken nun nicht — wie es bisher vielfach geschieht — mit den z. B. für ein Bruttotonnenkilometer ermittelten statistischen Durchschnittskosten des ganzen Reichsbahnnetzes oder des in Frage kommenden Direktionsbezirks gerechnet werden. Unter Berücksichtigung der jeder Strecke eigenen besonderen Verhältnisse müssen vielmehr diejenigen Teile der reinen Zugförderkosten betrachtet werden, die tatsächlich durch die Zugfahrt auf der einen oder anderen Strecke verursacht, also bei dem damit wechselweise bedingten Wegfall der Zugfahrt zu ersparen sind.

Es ist wichtig, volle Klarheit zu gewinnen über die zu vergleichenden Kosten. Bei den im Wettbewerb stehenden Leitungswegen handelt es sich nie um kleine Zubringerlinien, sondern um durchgehende Strecken; sowohl im Personen- wie im Güterverkehr tragen diese eine meist über den 24-Stundenzeitraum verteilte Zahl von Zügen, die schon der örtlichen Bedürfnisse wegen nicht voll beseitigt, nicht alle auf andere Strecken verlegt werden können. Demnach scheiden alle Aufwendungen für feste Anlagen und für den stationären Betriebsapparat aus dem Vergleich aus, weil sie unverändert bleiben, auch wenn z. B. zwei von 20 Zügen von der Strecke weggenommen oder zwei Züge zu den 20 zugefügt werden. Gleichfalls scheiden mit Ausnahme eines von der einzelnen Zugfahrt abhängigen Teils der Oberbaukosten die gesamten Kosten der Bahnunterhaltung aus, da sie von Zeit und Witterung beeinflusst und wegen der übrigbleibenden oder schon vorhandenen Züge doch aufzubringen sind. In den Vergleich einzusetzen bleiben demnach nur die Aufwendungen für die Betriebsstoffe, für die Fahrzeuge, für den Lokomotiv- und Zugbegleitdienst sowie für die Mehrbeanspruchung des Oberbaus.

Freilich kann auch — was hier der Vollständigkeit wegen gestreift sei — bei einer Änderung der Leitungswege eine Strecke vielleicht so weit zusätzlich belastet werden, daß örtliche Mehrausgaben entstehen, weil z. B. bei den Betriebsstellen ein bisher nicht vorhandener voller Nachtdienst eingerichtet werden muß. Die hierfür aufkommenden Kosten fallen im Sinne der oben gemachten Ausführungen selbstverständlich auf den neu hinzutretenden Verkehr. Entsprechend schlägt Verringerung örtlicher Aufwendungen an einer Strecke bei Verlegung von Zügen auf einen anderen Leitungsweg zugunsten der verlegten Züge zu Buch. Derartig vermehrte oder einzusparende Ausgaben sind in den nur selten vorkommenden Fällen örtlich unschwer in wirklicher Höhe festzustellen.

Die Ermittlung der oben umgrenzten Selbstkosten der Zugförderleistung kann dagegen nicht nur in örtliches Ermessen gestellt werden; sie muß im ganzen Reichsbahnnetze auf einheitlichen Grundlagen durchgeführt werden, wenn sie einwandfreie Vergleiche zulassen soll. Diese Grundlagen sind durch ein »Verfahren zur wirtschaftlichen Wertung der Strecken« geschaffen worden, das im Auftrage der Hauptverwaltung von einem Ausschuss unter Vorsitz des Reichsbahnoberrats Ehrensberger in den letzten Jahren ausgearbeitet worden ist^{*)}. Weitgehend nach den einzelnen Kostenträgern zergliedert, erlaubt dieses Verfahren unter schärfster Berücksichtigung der Streckenverhältnisse, des Zuggewichts, der verwendeten Lokomotiven, der mitfahrenden Bediensteten und der Belastung des Oberbaus eine theoretisch einwandfreie Berechnung der Zugförderkosten.

Die Durchführung solcher Berechnung für alle Strecken des Reichsbahnnetzes erfordert freilich, selbst bei Einsatz zahlreicher Arbeitskräfte, eine geraume Zeit. Man muß deshalb, um die dringliche Festsetzung wirtschaftlicher Leitungswege bald erledigen zu können, zu einer Auswahl derjenigen Strecken greifen, für die nur die genaue Berechnung Klarheit über die Höhe der Zugförderkosten schaffen kann; bei einem größeren Teil von Strecken, die als Leitungswege in Frage kommen, dürften die Kostenverhältnisse auch mit einfacheren Mitteln so klarzulegen sein, daß eine genaue Rechnung — mindestens vorläufig — sich erübrigt.

Als Unterlage für diese Auswahl der künftig eingehend zu untersuchenden Strecken sind im verflossenen ersten Vierteljahr 1927 für sämtliche mit Durchgangsgüterzügen belegte Strecken der ganzen Reichsbahn einheitliche überschlägliche Kostenberechnungen durchgeführt worden. Es wurden dabei Faustformeln angewendet, die eine Durchrechnung der Zugförderkosten aller in Frage kommenden Strecken in $1\frac{1}{2}$ Monaten erlaubten. Viele Anfragen der mit den Berechnungen befaßten Stellen lassen es angebracht erscheinen, die bisher nicht bekanntgegebene Entwicklung der Formeln hier zu erläutern.

Zunächst sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Formeln nur überschläglich sind, weil sie — bewußt — eine allzu scharfe, auf Einzelheiten abgestellte Kostenermittlung vermeiden wollen. Dafür war neben der Rücksicht auf die beabsichtigte genauere Nachprüfung irgend zweifelhafter Ergebnisse durch das Streckenwertungsverfahren auch der Gedanke maßgebend, daß die im Näherungsweise durchgeführten Berechnungen in vielen Fällen nicht wesentlich mehr als die Ergebnisse genauerer Verfahren von der Wirklichkeit abweichen werden; denn wenn auch an sich wohl die Möglichkeit besteht, z. B. den Betriebsstoffverbrauch einer bestimmten Lokomotive vor einem bestimmten Zuggewicht auf jeder Strecke durch äußerst genaue Beobachtungen und Berechnungen festzustellen, so wird doch eine andere Lokomotive selbst gleicher Bauart unter sonst völlig gleichen Verhältnissen vielleicht abweichende Werte liefern, oder der am folgenden Tag um $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{5}$ leichtere Güterzug wird von der ersten wie von der zweiten Lokomotive wieder anderes verlangen, oder es wird gar am dritten Tage eine Lokomotive anderer Bauart gestellt, die bei gleicher Leistung einen viel höheren oder aber einen geringeren Verbrauch hat. Ähnliche Schwankungen findet man beispielsweise weiter in der Zusammensetzung des Zuges nach Wagengattungen oder nach Zahl der Luft- und Handbremswagen, in den wechselnd zahlreichen, verschiedenen Besoldungsstufen angehörenden Zugbegleitern und schließlich in dem ungleichmäßigen Zustand und der wechselnden Belastung des Oberbaus der Strecken.

^{*)} Erste Bearbeitung im Organ 1925, Heft 15, veröffentlicht; Zweite Bearbeitung bekanntgegeben mit Verfügung der Hauptverwaltung der Reichsbahn-Gesellschaft vom 14. August 1926.

Man erkennt, daß selbst genaueste Rechnung nicht durchweg alle, bald hier bald da zu verzeichnenden Schwankungen treffen kann, also in den Einzelheiten mit der Praxis doch nicht immer übereinstimmen wird. Deshalb sind in den hier zu behandelnden Kostenformeln nur die wirklich wesentlichen Teile der Zugförderkosten herausgegriffen und ihnen klar und leicht erfassbare Leistungs- und Zeitgrößen zugrunde gelegt. Es wird getrennt nach Kosten der Zugkraft, Kosten der Fahrzeuge, persönliche Kosten und Kosten des Oberbaues. Die ersten fußen auf der Zugförderarbeit, die Fahrzeug- und Lohnkosten stehen in Beziehung zur Fahrzeit, auf den Oberbau wirkt die Last des Zuges. Im Gesamtergebnis wird der Aufwand festgestellt, der durch die Mehr- oder Minderbeförderung von einer Tonne des Brutto-Wagenzuggewichts auf der untersuchten Strecke entsteht oder erspart wird.

Neben den Ergebnissen der Praxis konnten wertvolle Unterlagen für die Kostenformeln den Arbeiten mehrerer Ausschüsse entnommen werden. An erster Stelle wurde natürlich auf das schon genannte Streckenwertungsverfahren zurückgegriffen, das in seinem ganzen Aufbau die Auswirkung aller an den Zugförderkosten beteiligten Momente aufs beste zu überblicken erlaubt. Ein zweiter Ausschuss zur Untersuchung der Wechselbeziehungen zwischen den Zugbildungs- und Zugförderkosten im Güterverkehr (abgekürzt Zugbildungs-, Zugförderkosten-Ausschuss) hat in seinen Arbeiten u. a. ein neues, bisher noch nicht veröffentlichtes Näherungs-Verfahren zur Ermittlung der Zugförderkosten gegeben. Schließlich wurde bezüglich der Oberbaukosten auch auf die Ergebnisse des Dienststellenbewertungsausschusses (Diba) zurückgegriffen.

Die Faustformeln, die so — wie unten näher gezeigt werden wird — unter Berücksichtigung praktischer Werte und theoretischer Untersuchungen neuesten Standes entwickelt werden konnten, entnehmen als feste Unterlagen aus Höhen- und Längenplan sowie aus dem Dienstfahrplan der Strecken folgende Angaben:

L = Länge der Strecke in km.

H_a = Arbeitshöhe der Strecke in m; sie ist nach dem für die Fahrzeitberechnung gemittelten*) Höhenplan aus Länge (in km) und Neigung (in ‰) der einzelnen Streckenteile festzustellen. Als Neigungen sind hierbei für die steigenden, die wagrechten und die flacher als mit 2,5 ‰ fallenden Streckenteile l_1, l_2, l_3 usw. die wirklichen Neigungen $+n_1, +n_2, +n_3$ usw. zu berücksichtigen; für alle steiler als mit 2,5 ‰ geneigten Gefälle ist als Arbeitsgefälle n_a durchweg 2,5 ‰ in die Rechnung einzuführen. Allgemein ergibt sich demnach die Arbeitshöhe H_a zu:

$$H_a = l_1 \cdot (+n_1) + l_2 \cdot (+n_2) + l_3 \cdot (+n_3) + l_4 \cdot (-n_a) + \dots$$

Das Arbeitsgefälle n_a entspricht — nach unten folgender Begründung — dem Gefälle, von dem ab der Betriebsstoffverbrauch und die Lokomotivabnutzung trotz der im steileren Gefälle verringerten Zugförderarbeit sich nicht mehr nennenswert vermindern bzw. verändern.

G_w = mittleres Gewicht der auf der Strecke verkehrenden Durchgangsgüterzüge in Tonnen.

G_{Lok} = mittleres Betriebsgewicht der für die Durchgangsgüterzüge auf der Strecke verwendeten Lokomotiven in Tonnen; das Betriebsgewicht von Vorspann- oder Schiebelokomotiven ist — gegebenenfalls im Verhältnis der am Zuge zurückgelegten Weglänge zur Strecken-

länge L — dem Betriebsgewicht der über die ganze Strecke laufenden Zuglokomotive zuzuschlagen.

T = reine planmäßige Fahrzeit (ohne Aufenthalte) der Durchgangsgüterzüge auf der betrachteten Strecke in Minuten.

Für die Berechnung wird angenommen:

$w = 3$ kg/t als mittlerer Widerstand der Durchgangsgüterzüge entsprechend den meist vorkommenden Geschwindigkeiten zwischen 35 und 45 km/Std.

Der genau berechnete mittlere Laufwiderstand der Züge (Lokomotiven und Wagen) beträgt unter Zugrundelegung wirtschaftlich ausgenutzter Lokomotiven auf der wagrechten geraden Strecke bei den genannten Geschwindigkeiten 2,84 bzw. 3,16 kg/t.

Vor der Kostenermittlung wird errechnet:

$$g = \frac{G_w + G_{Lok}}{G_w} = \frac{\text{Gesamtzuggewicht}}{\text{Wagenzuggewicht}}$$

A = Zugförderarbeit je t Wagenzuggewicht über die ganze Strecke in mt/t = $L \cdot w + H_a$; die gesamte Zugförderarbeit der Lokomotive, die sich selbst mitzuführen hat, ist gleich $g \cdot A$ mt je t Wagenzuggewicht.

Auf diesen Unterlagen bauen sich die hier zusammengestellten Formeln auf:

	Die Beförderung einer Bruttotonne erfordert an überschläglichen Kosten			
	1. der Zugkraft	2. der Fahrzeuge	3. der Zugmannschaften	4. des Oberbaus
	P f e n n i g e			
A. bei Dampfbetrieb . .	$\frac{g \cdot A}{50}$	$\frac{T}{40}$	$\frac{25 T}{G_w}$	$\frac{g \cdot L}{30}$
B. bei elektrischem Betrieb . .	$\frac{g \cdot A}{70}$	$\frac{T}{30}$	$\frac{20 T}{G_w}$	$\frac{g \cdot L}{30}$

Die äußerst einfachen Formeln sind in folgender Weise abgeleitet:

Zu 1. Zugkraft.

Die Faustformel enthält Betriebsstoffverbrauch oder Betriebsstromverbrauch und Lokomotivunterhaltung, sowie bei elektrischem Betrieb Unterhaltung und Erneuerung der Fahrleitung.

A. Dampfbetrieb.

a) Betriebsstoffe.

200000 mkg Zugförderarbeit erfordern 1 kg Kohle.

Theoretischer Beweis: (nach Zugbildungs-, Zugförderkosten-Ausschuss).

1 kg Kohle = 7000 Wärmeeinheiten.

1 Wärmeeinheit = 427 mkg Arbeit.

1 kg Kohle = 2989000 mkg Arbeit.

Thermischer Wirkungsgrad der Lokomotiven = rund 8%.

Mechanischer » » » = rund 85%.

Am Triebbradumfang nutzbare Arbeit je kg Kohle

$$= 0,08 \cdot 0,85 \cdot 2989000 = \text{rund } 200000 \text{ mkg auf } 1 \text{ kg Kohle.}$$

Praktischer Beweis: (nach Nordmann, Glasers Annalen 1926, Band 99, Heft 10).

Aus Versuchsfahrten in den Jahren 1925 und 1926 ergab sich für die Güterzuglokomotiven der Reichsbahn der Gattungen G 8², G 8³, G 12, württ. K und 44:

*) Dr. Ing. W. Müller, Verkehrstechn. Woche 1925, Heft 10; in den gemittelten Neigungen der Fahrzeitberechnung sind die Krümmungen, ihrem Widerstand entsprechend in Steigungen umgerechnet, berücksichtigt.

Lokomotivgattung	Dampfverbrauch je PS _e -h im Mittel kg	Verdampfungs-ziffer im Mittel	Kohlenverbrauch je PS _e -h kg
G 8 ²	9,53	8,0	1,20
G 8 ³	9,67	7,5	1,30
G 12	12,12	7,6	1,60
württ. K	9,11	6,7	1,36
44	8,22	6,9	1,20
		im Mittel:	1,32

1 PS-h = 270 000 m/kg also

1 kg Kohle = $\frac{270\,000}{1,32}$ = rund 200 000 mkg Arbeit.

Auf 1 kg Kohle werden 7 bis 7,5 kg Wasser und etwa $\frac{1,5}{1000}$ kg Öl verbraucht; unter Zuschlag der Kosten dafür ergibt sich ein gesamter Betriebsstoffpreis einschließlich aller Nebenkosten je kg Kohle von rund 2,5 Pf. 1 mt Zugförderarbeit = 1000 mkg kostet demnach an Betriebsstoff $\frac{1000 \cdot 2,5}{200000}$ = 0,0125 Pf.

b) Lokomotivunterhaltung.

Der Zugbildungs-, Zugförderkosten-Ausschuss hat aus dem Streckenwertungsverfahren abgeleitet, dass 1 mt Zugförderarbeit der Lokomotiven einen Aufwand für Lokomotivunterhaltung von 0,0077 Pf. verursacht.

c) Betriebsstoffe und Lokomotivunterhaltung.

Insgesamt ist nach a) und b) aufzuwenden je mt Arbeit $0,0125 + 0,0077 = 0,0202$ = rund 0,02 oder $\frac{1}{50}$ Pf. Für die je t Wagenzuggewicht zu leistende Zugförderarbeit g. A. mt entsteht somit ein Aufwand von $\frac{g \cdot A}{50}$ Pf.

d) Mindestkosten in Gefällen.

Die Zugkraftkosten sinken nicht unter ein gewisses Mindestmaß. Das hierfür bei der Ermittlung der Arbeit eingeführte »Arbeitsgefälle n_a « ergibt sich aus folgender Überlegung:

Für das Halten des Feuers sind nach der Literatur mindestens 0,5 kg Kohle je Minute und je m² Rostfläche erforderlich. Die mittlere Rostfläche der Güterzuglokomotiven ist etwa 3,25 m² (G 8 und G 10 2,6 m², G 12 3,9 m²), der entsprechende Mindestverbrauch an Kohle je km bei einer Stundengeschwindigkeit von 35 km 2,78 kg/km, von 45 km 2,18 kg/km, oder durchschnittlich 2,48 kg/km. Nach der oben gegebenen Betriebsstoffermittlung kann also die zum Feuerhalten nötige Kohle 496 000 mkg/km Arbeit leisten oder rund 0,5 kg/t Zugwiderstand überwinden. Bei Widerständen unter 0,5 kg/t vermindert sich der Kohlenverbrauch nicht mehr.

Der mittlere Laufwiderstand eines Güterzuges ist 3,0 kg/t; das Arbeitsgefälle n_a ergibt sich daraus zu $3,0 - 0,5 = 2,5$ ‰.

Auch die Lokomotivabnutzung kann von $n_a = 2,5$ ‰ an unverändert angenommen werden, weil ein wesentlicher Teil der Unterhaltungskosten auf den Kessel entfällt und das Triebwerk bei Fahrten ohne Dampf auch durch die Bremsarbeit im Gefälle beansprucht wird. Genauere Unterlagen bestehen für diese Wechselwirkungen nicht; die eingesetzte Annahme kann jedoch keine nennenswerten Fehlschlüsse liefern.

B. Elektrischer Betrieb.

a) Betriebsstrom.

1 kWh Strom kostet an der Schalttafel des Kraftwerks ohne Zins und Tilgung der Anlagen etwa 1,7 Pf. Bei 15‰ Stromverlust zwischen Kraftwerk und Fahrleitung und weiteren 20‰ Verlust zwischen Fahrleitung und Triebbradumfang kostet

1 kWh am Triebbradumfang nutzbarer Arbeit = $\frac{1,7}{0,85 \cdot 0,80} = 2,5$ Pf.

1 mt = 0,002725 kw/h = 0,0069 Pf.

b) Lokomotivunterhaltung, Unterhaltung und Erneuerung der Fahrleitung.

Elektrische Lokomotiven erfordern bei gleicher Leistung wie Dampflokomotiven weniger Unterhaltungskosten. Man findet dafür im Fachschrifttum etwa 80‰ der Dampflokomotivkosten veranschlagt*). Für den hier beabsichtigten Vergleichszweck muß zu diesen Unterhaltungskosten der fahrenden Maschinen noch der von der Förderleistung verursachte Aufwand für Unterhaltung und Erneuerung der Fahrleitung oder des Fahrdrabes zugeschlagen werden.

Bei der kurzen Dauer der elektrischen Zugförderung bestehen bisher noch keine einwandfreien Unterlagen für die wirklich im Dauerbetrieb entstehende Höhe der genannten Kosten. Auf Leistungen bezogen werden die Gesamtkosten für Lokomotive und Fahrleitung aber nicht wesentlich unter denen des Dampfbetriebes liegen, so dass hier überschläglich mit den auch unter A. b) angegebenen Sätzen von 0,0077 Pf. je mt Zugförderarbeit gerechnet werden kann.

c) Betriebsstrom, Lokomotivunterhaltung und Fahrleitungen.

Je mt Zugförderarbeit ergibt sich insgesamt ein Aufwand von $0,0069 + 0,0077 = 0,0146$ Pf. = rund $\frac{1}{70}$ Pf., für g. A. mt Zugförderarbeit also $\frac{g \cdot A}{70}$ Pf.

d) Mindestkosten in Gefällen.

Bei elektrischem Betrieb bleiben wie bei Dampftrieb auch ohne Leistung von Zugförderarbeit Zugkraftkosten bestehen. Es treten auch bei abgeschalteter Maschine Stromverluste ein; für die Luftbremspumpe wird Strom verbraucht. Das Lauf- und Triebwerk der Lokomotiven wird abgenutzt; ebenso die Fahrleitung.

Genauere Unterlagen namentlich für die Abnutzung von Lokomotiven und Fahrleitung fehlen noch. Der Mindeststromverbrauch einschließlich der Stromverluste ist nach Angaben der Literatur**) etwas größer als $\frac{1}{6}$ der Verbrauchs- und Verlustsätze auf ebener Bahn.

Auch bei elektrischem Betrieb dürften gewisse Zusammenhänge zwischen Stromverbrauch und Abnutzung der Lokomotiven und Fahrleitung bestehen; bis zur Erweiterung der noch geringen Erfahrungen mit dem elektrischen Betrieb wird auch hier unmittelbare Abhängigkeit angenommen und wohl hinreichend genau mit Mindestzugkraftkosten in Höhe von $\frac{1}{6}$ der Zugkraftkosten in der Wagerechten gerechnet werden dürfen. Damit gilt für den elektrischen Betrieb ebenfalls das Arbeitsgefälle $n_a = 2,5$ ‰: dessen Differenz zu dem Normalzugwiderstand von 3 kg je t beträgt ja $0,5 = \frac{3,0}{6}$ kg je t.

Zu 2. Fahrzeuge.

Die Faustformeln enthalten Zins und Tilgung von Lokomotiven und Wagen sowie Ausbesserung von Wagen. Die hierfür ent-

*) Wechmann, der elektrische Zugbetrieb der Deutschen Reichsbahn, Seite 461.

**) Müller, Elektrische Bahnen 1926, Seite 164.

stehenden Kosten werden bei den Lokomotiven auf die Zeit umgelegt, in der diese vor dem fahrenden Zug Dienst leisten: die Abnutzung der Lokomotiven wird ja durch die Arbeitsleistung verursacht. Bei den Wagen dagegen ist die Abnutzung während der Fahrt nicht merklich grösser als bei Stillstand in den Bahnhöfen und Ladeanlagen, auch die Ausbesserungsschäden sind zum grossen Teil reine Zeitschäden; deshalb ist hier die Umlegung der Zins-, Tilgungs- und Ausbesserungskosten auf die ganze Zeit, während der die Wagen für die Benutzung verfügbar sind, angebracht.

A. Dampfbetrieb.

a) Lokomotiven.

1 t Betriebsgewicht erfordert rund 1400 \mathcal{M} Beschaffungskosten und hiervon 10% = 14000 Pf. jährlich Zins und Tilgung. Jährlich werden 45000 bis 60000 km Laufweg = rund 1500 Stunden Fahrt geleistet. Eine Stunde Fahrt kostet demnach etwa 9 Pf., eine Minute 0,15 Pf., je t Betriebsgewicht.

$$\frac{\text{Lokomotivbetriebsgewicht}}{\text{Wagenzuggewicht}} = \text{rund } \frac{1}{10}$$

Also entstehen Lokomotivkapitalkosten je t Wagenzuggewicht von 0,015 Pf./Minute Fahrtzeit.

b) Wagen.

Auf eine Achse = 4,69 Eigengewichtstonnen treffen laut Geschäftsbericht der Reichsbahn 1925 im Mittel 3,83 Nettotonnen oder:

jede t Wagenzuggewicht enthält
0,55 t Wagengewicht,
0,45 t Ladung.

Ein Güterwagen von durchschnittlich 9,4 t Eigengewicht kostet für Beschaffung durchschnittlich 4000 \mathcal{M} , daher bei 14% für Zins, Tilgung und Ausbesserung jährlich 560 \mathcal{M} , bei 280 Betriebstagen (Rest Ruhe + Werkstätte) je Minute 0,14 Pf. Auf 1 t Wagenzuggewicht treffen $\frac{0,14 \cdot 0,55}{9,4} = 0,008$ Pf./Minute.

In Durchgangsgüterzügen entfällt von der gesamten Reisezeit $\frac{1}{5}$ auf Betriebsaufenthalte, $\frac{4}{5}$ auf Fahrtzeit. Also Wagenkosten je t Wagenzuggewicht = $\frac{0,008 \cdot 5}{4} = 0,010$ Pf./Minute Fahrtzeit.

c) Lokomotiven und Wagen.

Lokomotiven und Wagen erfordern zusammen je t Wagenzuggewicht = $0,015 + 0,010 = 0,025 = \frac{1}{40}$ Pf. je Minute Fahrtzeit, für die Fahrtzeit T also $\frac{T}{40}$ Pf.

B. Elektrischer Betrieb.

a) Lokomotiven.

Die Beschaffungskosten der elektrischen Lokomotiven sind etwa 2,2 mal so hoch wie diejenigen gleich leistungsfähiger Dampflokomotiven. Dafür sind aber auch in gleichen Zeiträumen die kilometrischen Leistungen der elektrischen Lokomotiven höher und zwar etwa das 1,35fache*) derjenigen von Dampflokomotiven: demnach entfällt auf gleiche Leistung der elektrischen Lokomotiven das $\frac{2,2}{1,35} = 1,6$ fache der Kosten der Dampflokomotiven.

Statt 0,015 Pf. bei Dampflokomotiven ist also für elektrische Lokomotiven mit 0,024 Pf. je t Wagenzuggewicht und je Minute Fahrtzeit zu rechnen.

b) Wagen.

Der Satz von 0,01 Pf. je t Wagen und je Minute Fahrtzeit bleibt unverändert. Die geringe Änderung im Verhältnis von Aufenthaltszeit zur Fahrtzeit (etwa 0,3 : 1 gegen 0,25 : 1 bei Dampfbetrieb) wirkt sich hier nicht merkbar aus.

c) Lokomotiven und Wagen.

Für Lokomotiven und Wagen ergeben sich nach Vorstehendem insgesamt je t Wagenzuggewicht $0,034$ Pf. = $\frac{1}{30}$ Pf. je Minute Fahrtzeit, für die Fahrtzeit T demnach $\frac{T}{30}$ Pf.

Zu 3. Personal.

Die Faustformeln rechnen mit der bei luftgebremsten Durchgangsgüterzügen vorhandenen Besetzung von einem Zugführer und einem Schaffner neben der von Dampf- oder elektrischem Betrieb bedingten Lokomotivbesetzung von zwei bzw. einem Mann.

A. Dampfbetrieb.

Die Reichsbahnstatistik ergibt mittlere Monatsbezüge:

eines Lokomotivführers zu rund	\mathcal{M} 455,—
» Lokomotivheizers » »	» 375,—
» Zugführers » »	» 428,—
» Schaffners » »	» 342,—

so daß die gesamte Bemannung eines Güterzuges \mathcal{M} 1590.— bezieht. Unter Berücksichtigung von Urlaub und Krankheit werden hierfür von jedem Mann im monatlichen Mittel 200 Arbeitsstunden geleistet, von denen etwa 70%*) = 140 Stunden auf die eigentlichen Dienstleistungen an dem Zuge entfallen. Eine Minute derartiger Dienstleistung (Fahrtzeit und Aufenthalt) erfordert demnach einen Aufwand für die gesamte Bemannung von $\frac{1590}{60 \cdot 140} = \text{rund } 0,20$ \mathcal{M} . Die Fahrtzeit entspricht, wie unter 2. A. b) bereits erwähnt, $\frac{4}{5}$ der Reisezeit, so daß je Minute Fahrtzeit ein persönlicher Aufwand von $\frac{20}{0,8} = 25$ Pf. für den Zug und $\frac{25}{G_w}$ Pf. für die t Wagenzuggewicht anfällt. Für die Fahrtzeit T sind also $\frac{25 \cdot T}{G_w}$ Pf. einzusetzen.

B. Elektrischer Betrieb.

Der Kopfbedarf ist bei elektrischem Betrieb um den Lokomotivheizer vermindert. Der gesamte persönliche Aufwand für eine Minute Dienstleistung verringert sich auf 15 Pf. Infolge der grösseren Geschwindigkeit bei elektrischer Zugförderung ist das Verhältnis von Fahrtzeit zu Aufenthalt 1 : 0,3, der persönliche Aufwand je Minute Fahrtzeit daher $15 \cdot 1,3 = \text{rund } 20$ Pf. für den Zug, $\frac{20}{G_w}$ Pf. für die t Wagenzuggewicht. Die Fahrtzeit T beansprucht $\frac{20 \cdot T}{G_w}$ Pf. persönliche Kosten.

Zu 4. Oberbau.

Die Anwendung der Untersuchungen des oben erwähnten Streckenwertungsverfahrens und des Diba-Unterausschusses IV ergibt: Auf wagrechtem, nur dem Güterzugverkehr dienendem Gleis, das die mittlere Belastung einer Hauptbahn von 20000 t täglich aufweist, entfallen von den gesamten täglichen Oberbaukosten von rund \mathcal{M} 12,— je Kilometer etwa 52% auf Erneuerung, 48% auf Unterhaltung des Oberbaues. Unter der grundlegenden Annahme, daß jeder Zug von einer seinem Gewicht angepaßten Lokomotive befördert wird, ruft die Teilung

*) Mühl, Elektrische Bahnen 1926, Seite 64.

*) Dr. Fromm, Reichsbahn 1926, Seite 112 ff.

des Gesamtverkehrs in verschieden schwere und zahlreiche Züge (z. B. 20 Züge zu 1000 t oder 40 Züge zu 500 t) keine wesentlichen Änderungen dieser beiden Anteile hervor. Eine Abnahme oder Zunahme der Gesamtbelastung des Gleises bringt dagegen eine Verschiebung der Prozentanteile, weil die Erneuerungskosten einer Belastungsänderung bzw. einer von ihr unmittelbar abhängigen, auf dem Gleis geleisteten Zugförder- und Bremsarbeit im einfachen linearen Verhältnis folgen, während sich die Unterhaltungskosten nicht in unmittelbarer Gefolgschaft der Streckenbelastung bewegen, auch nie unter ein gewisses Mindestmaß sinken, das der Zeitwirkung anzulasten ist. Der Diba-Ausschufs gibt diese Entwicklung der Unterhaltungskosten in einem Summenausdruck 3. Potenz*).

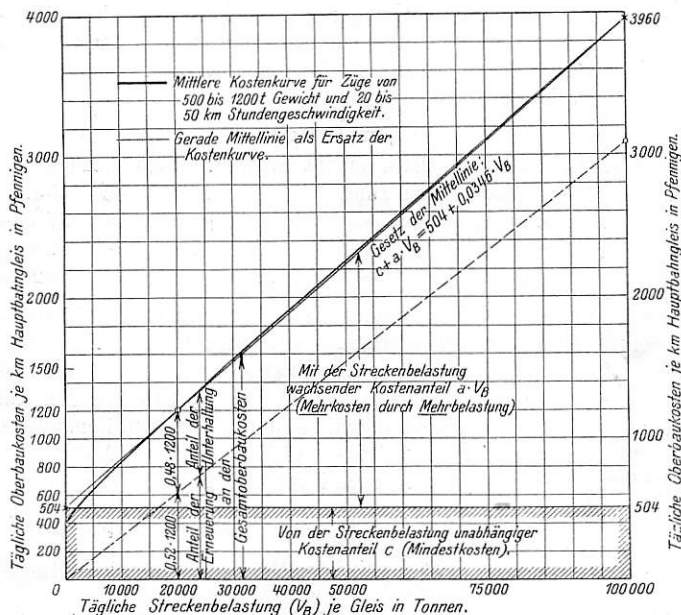


Abb. 1. Mittlerer Einfluss der Streckenbelastung auf die Oberbaukosten wagrechter Strecken.

Dementsprechend ist in Abb. 1 der Einfluss der Streckenbelastung auf die gesamten Oberbaukosten festgehalten. Man

Gerade schneidet auf der Kostenachse die Mindestkosten an, die ohne Rücksicht auf die Streckenbelastung — auch bei völligem Ausbleiben der Belastung — für ordnungsmäßige Unterhaltung des Gleises aufgewendet werden müssen; sie sollen mit c bezeichnet werden. Zu diesem unveränderlichen Aufwand c tritt ein mit der Streckenbelastung V_B geradlinig wachsender Kostenteil $a \cdot V_B$. Die gesamten Oberbaukosten entwickeln sich also bei veränderlicher Streckenlast im Verhältnis $c + a \cdot V_B$. Steigt die Belastung von V_{B1} auf V_{B2} , so steigen die Oberbaukosten um $(c + a \cdot V_{B2}) - (c + a \cdot V_{B1}) = a \cdot (V_{B2} - V_{B1})$, d. h. für jede Tonne Mehrbelastung entstehen Mehrkosten von der Höhe a . Nur auf diese Mehrkosten kommt es bei der vorliegenden Vergleichsrechnung an; die Mindestkosten c sind ja immer die gleichen, ganz einerlei, welche Belastung die Strecke aufweist.

Nach Abb. 1 sind bei 100 000 t täglicher Belastung insgesamt $c + a \cdot 100\,000 = 39,60 \text{ M}$ tägliche Oberbaukosten aufzuwenden; der unveränderliche Anteil c beträgt hierbei 5,04 M oder rund 5,— M.

Demnach entspricht dem Wert a ein Kostenaufwand von $\frac{3960 - 500}{100\,000} = 0,0346 \text{ Pf.}$ oder $\frac{1}{30} \text{ Pf.}$ je t/km. Für eine Strecke von L km und ein Gesamtzuggewicht von $g \cdot G_W$ t ist also je t Wagenzuggewicht $\frac{g \cdot L}{30} \text{ Pf.}$ Oberbau-Mehraufwand einzusetzen.

Von einer Berücksichtigung des etwaigen Einflusses größerer Streckenneigung auf die Oberbaukosten nimmt die Faustformel Abstand. Nach den auf 30jährigen Erfahrungswerten beruhenden Ergebnissen des Diba IV ist dieser Einfluss gering und verteuert die Oberbauunterhaltung in Neigungen mit mehr als 10‰ um etwa $\frac{1}{10}$ derjenigen geringer geneigter Strecken. Für das Gesamtergebnis des Zugförderkostenvergleichs ist ein solcher, die Rechnung erschwerender kleiner Zuschlag ohne ausschlaggebende Bedeutung.

Die überschläglichen Kostenberechnungen können entsprechend den vorstehend erläuterten Grundlagen mit Hilfe eines nachstehend angegebenen übersichtlichen Vordrucks aufs rascheste durchgeführt werden.

Strecke oder Streckenabschnitt				Gewicht der Durchgangsgüterzüge ohne Lokomotive G_W nach dem Dienstfahrplan in t	Betriebsgewicht der Lokomotive G_{Lok} in t	Reine Fahrzeit der Durchgangsgüterzüge (ohne Aufenthalt) T in Minuten	$G_W + G_{Lok} = \frac{Sp.5}{G_W}$	Zugförderarbeit für jede t Zuggewicht $= w \cdot L + H_a = 3 \cdot Sp.8 + Sp.4$ in mt/t	Überschlägliche Kosten je t Wagenzuggewicht für die Zugförderung über die Streckenlänge L				Insgesamt Sp. 10 bis Sp. 13 zusammen
Von	Bis	Länge L in km	Arbeitshöhe H_a in m						Zugkraft	Fahrzeuge	Mannschaft	Oberbau	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
									bei Dampftrieb				
									$\frac{g \cdot A}{50}$	T	$\frac{25 T}{G_W}$	$\frac{g \cdot L}{30}$	
									bei elektrischem Betrieb				
									$\frac{g \cdot A}{70}$	T	$\frac{20 T}{G_W}$	$\frac{g \cdot L}{30}$	
									Pfennige				

erkennt, dass die sich ergebende Einflusslinie schon von ziemlich niedriger Streckenbelastung ab einen sehr gestreckten Verlauf nimmt, der für die Untersuchung der stets stärker als mit 5000 t belasteten durchgehenden Strecken ohne nennenswerte Abweichung durch eine Gerade ersetzt werden kann. Diese

* Der Ausdruck lautet: $60 + \frac{n}{3} + \sqrt[3]{V_B}$. Darin gibt 60 den Einfluss der Mindestunterhaltung ohne Rücksicht auf Belastung, n ist die Zahl der täglichen Züge, V_B die tägliche Streckenbelastung in t.

Das Endergebnis wird zweckmäßig in ein Liniennetz der Durchgangsstrecken des Güterverkehrs übertragen, wie dies Abb. 2 zeigt. Die erste Zahl an den Strecken bezeichnet die Zugförderkosten für 1 t Wagenzuggewicht zwischen den angrenzenden Knotenpunkten; die Länge der Strecke und die reine Fahrzeit der DgZ auf der Strecke sind als Zähler und Nenner des folgenden Bruches beigesetzt. Die Richtung, für welche die Angaben gelten, wird durch den Pfeil bezeichnet. Die Begrenzung der berechneten Streckenabschnitte durch

Knotenpunkte des Durchgangsverkehrs macht es möglich, jeden durchgehenden Leitungsweg durch Zusammenstoß der Einzelstrecken auf seine Gesamtkosten, -länge und -beförderungsdauer zu untersuchen und mit etwa fraglichen anderen Leitungswegen zu vergleichen; Abb. 3 zeigt dies beispielsweise für die drei möglichen Wege zwischen Seesen und Magdeburg—Rothensee, von denen sich der über Jerxheim—Oschersleben als der rascheste und billigste erweist*).

wertung die durchschnittlichen Oberbaukosten je t Gesamtstreckenbelastung eingesetzt sind. Außerdem rechnet die Streckenwertung mit einer von den Erfahrungswerten des Diba abweichenden starken Erhöhung der Oberbaukosten bei zunehmender Streckenneigung; infolge mittlerer Neigung der Vergleichsstrecke von 8 bis 9% gehen deshalb die an sich schon nicht vergleichbaren Werte des Mehr- und des Gesamtoberbauaufwandes noch stärker auseinander. Vor der Überprüfung der überschläglichen

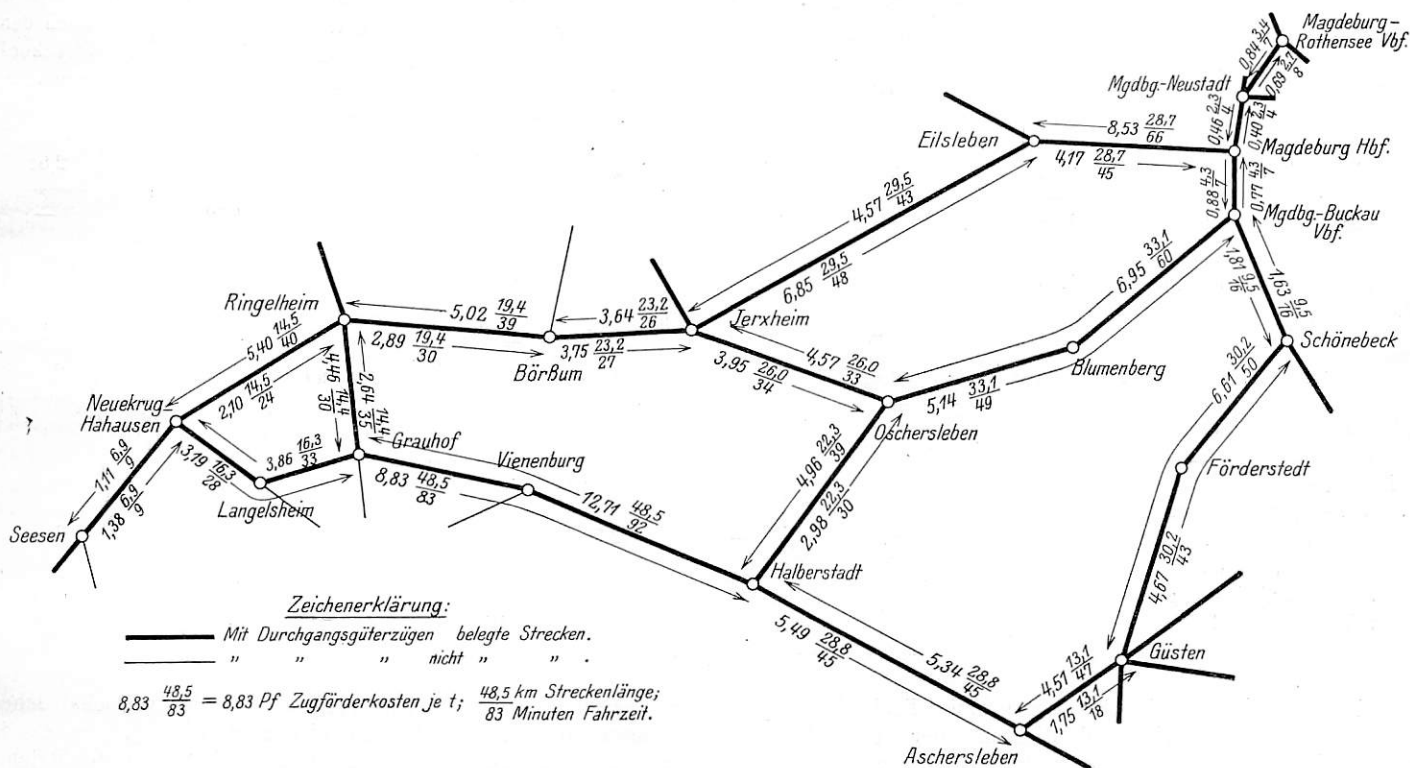


Abb. 2. Darstellung der Rechnungsergebnisse in einer Karte der Güterdurchgangsstrecken (Ausschnitt des Direktionsbezirks Magdeburg).

Tritt nun bei solchem Vergleich der Zugförderkosten mehrerer für die Leitung in Frage kommender Strecken keine offenbare Überlegenheit eines Weges zutage, so wird die hier behandelte überschlägliche Berechnung durch Anwendung des Streckenwertungsverfahrens oder -- unter Voraussetzung der Bekanntgabe -- des Verfahrens des Zugbildungs-, Zugförderkostenausschusses zu prüfen und zu berichtigen sein. Die dabei erzielbare grössere Genauigkeit bringt natürlich Abweichungen von den Ergebnissen der Faustformelberechnung mit sich. Man vermag diese Abweichungen an Hand der auf der nächsten Seite angegebenen Übersicht zu beurteilen: sie stellt für die Strecke Würzburg—Kitzingen, deren Berechnung der Bekanntgabe des Streckenwertungsverfahrens als Beispiel beigegeben ist, die Rechnungsergebnisse nach dem eben genannten Verfahren und nach den Faustformeln einander gegenüber.

Bei den Kosten der Betriebsstoffe, der Fahrzeuge und der Zugbemanning ist die immerhin gute Annäherung der Faustformelwerte bemerkenswert. Bei den Oberbaukosten erscheinen allerdings recht erhebliche Abweichungen, die jedoch -- zum allergrößten Teil -- wie folgt begründet sind: Bei der überschläglichen Berechnung sind nur die Mehrkosten für den zur Stammbelastung der Strecke hinzukommenden Verkehr erfasst, während bei der Strecken-

Berechnungen werden die Oberbaukostenansätze der Streckenwertung noch nach dem unveränderlichen und dem mit der Streckenbelastung veränderlichen Anteil getrennt werden müssen; dabei wird auch die Frage des Einflusses der Streckenneigung auf die beiden Anteile mit zu lösen sein.

Im ganzen dürfen nach dem angestellten Vergleich die überschläglichen Zugförderkosten als eine geeignete Grundlage

	Hinfahrt über:	Zugförderkosten je t Wagenzug:	Länge des Wags:	Fahrzeit:
Langelsheim — Halberstadt:		23,4 Pf	136,4 km	230 Min.
Jerxheim — Oschersleben:		21,1 Pf	132,4 km	195 Min.
Jerxleben — Eilsleben:		22,2 Pf	127,2 km	198 Min.
Rückfahrt über:				
Halberstadt — Langelsheim:		31,8 Pf	137,1 km	251 Min.
Oschersleben — Jerxheim:		28,9 Pf	133,1 km	225 Min.
Eilsleben — Jerxheim:		29,6 Pf	127,9 km	234 Min.

Abb. 3. Vergleich der Bahnwege zwischen Seesen und Magdeburg—Rothensee nach Kosten, Streckenlänge und Fahrzeit.

*) Ob bei den als Beispiel herausgegriffenen, verhältnismäßig kurzen Strecken die Züge entsprechend geleitet werden können, soll hier nicht untersucht werden.

für die Auswahl der noch eingehender zu berechnenden Strecken angesprochen werden. Sind diese ergänzenden Untersuchungen noch durchgeführt, so wird in einer geschlossenen Zusammenstellung der Zugförderkosten aller Strecken des durchgehenden Güterverkehrs eine überaus wichtige Unterlage für die Wahl der Leitungswege vorliegen.

Vergleichsberechnung der Zugförderkosten auf der Strecke
Würzburg—Kitzingen für Güterzüge mit 1000 bis 500 t Wagenzuggewicht.

Verwendete Lokomotive: G 12 mit 140 t Betriebsgewicht.

Streckenlänge 22,94 km, davon 13,89 km in Steigungen von i. M. 8,2⁰/₀₀,

Rest in Gefällen von i. M. 9,3⁰/₀₀.

Reine Fahrzeit 42,45 Minuten.

	Es werden Zugförderkosten je t Wagengewicht berechnet:							
	Für den 1000 t-Wagenzug		Für den 900 t-Wagenzug		Für den 700 t-Wagenzug		Für den 500 t-Wagenzug	
	mit den Faustformeln	nach der Strecken- wertung	mit den Faustformeln	nach der Strecken- wertung	mit den Faustformeln	nach der Strecken- wertung	mit den Faustformeln	nach der Strecken- wertung
	Pfennige je t Wagenzuggewicht							
Betriebsstoffe	2,28	2,30	2,34	2,32	2,43	2,38	2,55	2,68
Lokomotivunterhaltung . .	1,38	—	1,39	—	1,45	—	1,52	—
(Zugkraft zusammen) . . .	(3,66)	—	(3,73)	—	(3,88)	—	(4,07)	—
Fahrzeugzins und Tilgung .	1,06	—	1,06	—	1,06	—	1,06	—
Fahrzeugkosten zusammen	2,44	2,23	2,45	2,25	2,51	2,33	2,58	2,58
Zugmannschaften	1,06	1,02	1,18	1,13	1,51	1,45	2,12	2,03
Oberbauunterhaltung und Erneuerung Durchschnittskosten je t Gesamtstrecken- belastung	—	2,70	—	2,76	—	2,84	—	3,07
Mehrkosten durch 1 t zur Stammbelastung hin- zukommender Belastung	0,87	—	0,88	—	0,92	—	0,98	—

Tritt aus bereits eingeleiteter, genauer Beobachtung noch die Kenntnis von Stärke und Richtung der zu bedienenden Verkehrsbeziehungen hinzu, dann kann eine der größten und bedeutendsten Fragen der wirtschaftlichen Betriebsführung im Gebiete der Reichsbahn mit wirklicher Aussicht auf allgemeinen Erfolg gelöst werden: Die planmäßige Verteilung der Zugbildungsaufgaben des durchgehenden Verkehrs auf die geeignetsten Verschiebebahnhöfe des Netzes, unter Ausschaltung unzweckmäßig liegender Bahnhöfe. Etwa noch auftauchende Pläne für neue Verschiebebahnhöfe, die immer eine andere Verteilung der Rangieraufgaben und damit Leitungsänderungen zur Folge haben, werden von vornherein ebenso auf ihren wirtschaftlichen Erfolg wie auf ihre betriebliche Notwendigkeit

zu beurteilen sein. Ja, zur Wahrnehmung der wirtschaftlichen Gesamtbelange der Reichsbahn wird noch weitergehend ein in großen Zügen aufzustellendes Programm die Stellen des Reichsbahnnetzes bestimmen müssen, an denen künftig — wenn dies überhaupt in absehbarer Zeit nötig sein sollte — noch Verschiebebahnhöfe zur Bedienung des durchgehenden Verkehrs angelegt werden dürfen.

Sachgemäße Ergänzung der hier behandelten Zugförderkosten und aufmerksame Beobachtung etwa eintretender Änderungen in den Verkehrsbeziehungen wird dann die betriebsleitenden Stellen in den Stand setzen, rechtzeitig die feinere Ausarbeitung und — wenn erforderlich — spätere Änderung oder Ergänzung dieses Programmes in Angriff zu nehmen.

Aus der Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaues.

Von Geh. Regierungsrat **Wernecke**, Berlin-Zehlendorf.

Die erste Lokomotive, die in den Vereinigten Staaten lief, war aus England bezogen worden; nach dem Ort, wo sie gebaut worden war, führte sie den Namen »Stourbridge Lion.« Besteller war die Delaware und Hudson-Kanalgesellschaft. Die Lokomotive wurde zu Wasser an ihren Bestimmungsort Carbondale gebracht; dort lief sie zum ersten Male am 8. August 1829. Sie hatte zwei Triebachsen, die gemeinschaftlich von stehenden Zylindern aus durch Hebel angetrieben wurden. Die Maschine wog 7 t. Einige ihrer Teile sind im National Museum in Washington heute noch zu sehen.

Hatte diese Lokomotive bereits einen liegenden Kessel, so kehrte man mit der ersten Lokomotive, die in Amerika gebaut wurde, dem »Tom Thumb« (Däumling), 1830 zum stehenden Kessel zurück. Die Lokomotive, die kaum 1 t wog, hatte nur einen Zylinder von 9 cm Durchmesser und 35,5 cm Hub und entwickelte wenig mehr als 1 PS. Bei ihrer Probefahrt am

28. August 1830 auf der Baltimore und Ohio-Eisenbahn zog sie einen bootförmigen Wagen hinter sich her. Um dieselbe Zeit wurde in New York der »Best Friend« gebaut, ebenfalls eine Lokomotive mit zwei gekuppelten Achsen, die aber schon 4,5 t wog und bei 3,5 at Kesseldruck etwa 180 kg Zugkraft entwickelte. Ihre Zylinder mit 15 cm Bohrung und 40 cm Hub waren geneigt. Die Räder waren aus Holz mit eiserner Nabe und eisernem Radkranz. Als ihr Heizer, ein Neger, das Sicherheitsventil mit seinem Körpergewicht belastete, explodierte der Kessel: der erste derartige Unfall in Amerika.

Auf der Camden und Amboy-Eisenbahn wurde am 12. November 1831 der »John Bull«, erbaut von Stephenson in England, in Betrieb genommen. Auch diese Lokomotive hatte zwei angetriebene Achsen, vor ihnen lief aber noch ein Schienenräumer auf zwei Rädern. Die Lokomotive wog bereits 10 t; ihr liegender Kessel war 3,97 m lang und hatte 1,07 m Durchmesser. Die Triebräder hatten 1,37 m Durchmesser; Speichen

und Felgen waren aus Holz, die Nabe aus Gußeisen; die Radreifen von 2 cm Stärke waren aus Schmiedeeisen. Die Lokomotive war für eine Spurweite von 1,525 m gebaut. Auch sie steht heute im Museum in Washington.

Aus derselben Eisengießerei wie der erwähnte »Best Friend« ging die »West Point« im März 1831 hervor. Sie war jener sehr ähnlich, nur hatte sie einen liegenden Röhrenkessel. Als sie bei der Probefahrt vier Personenwagen mit 117 Fahrgästen beförderte, wobei sie 4,4 km in 11 Minuten zurücklegte, lief hinter ihr ein mit Baumwolle beladener Schutzwagen, den man damals für nötig hielt, um die Fahrgäste vor einer etwaigen Kesselexplosion zu schützen.

Eine sehr bekannte Lokomotive aus der ersten Zeit des amerikanischen Eisenbahnwesens ist die »De Witt Clinton«, die heute auf dem Bahnhof New York der New York Central-Eisenbahn als eine Art Denkmal aufgestellt ist. Ihre Leistung von 28 km in weniger als einer Stunde war für die damalige Zeit recht bemerkenswert. Sie wog mit ihrem Schlepptender 5,5 t.

Im Januar 1831 schrieb die Baltimore und Ohio-Eisenbahn für die beste Lokomotive einen Preis von 4000 Dollar aus; von vier Bewerbern gewann die »York« diesen Preis. Sie hatte wieder einen stehenden Kessel und ebensolche Zylinder. Ihre vier angetriebenen Räder aus Gußeisen hatten nur 91 cm Durchmesser. Das Gewicht der Lokomotive betrug 3,5 t.

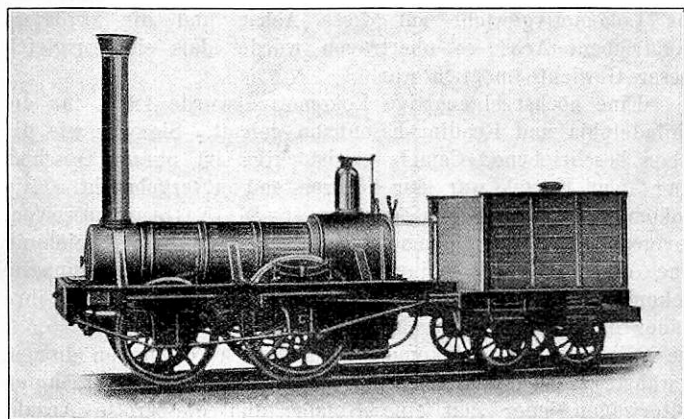


Abb. 1. Erste Baldwin-Lokomotive, die „Old Ironsides“, gebaut im Jahre 1832.

Hatten die bisher genannten Lokomotiven alle zwei Triebachsen und keine Laufachsen, — die Räder unter dem Schienenräumer des »John Bull« trugen ja nicht eigentlich das Lokomotivgewicht, — so hatte die Lokomotive »Experiment« die Radanordnung 2 B; sie war die erste mit führendem Drehgestell. Ihre Triebräder hatten 1,53 m Durchmesser; infolgedessen erreichte sie häufig eine Geschwindigkeit von 60 Meilen (96 km) in der Stunde, zuweilen sogar noch mehr. Sie war, ebenso wie einige der bereits aufgeführten Lokomotiven, in der West Point-Gießerei gebaut. Auf der Süd-Karolina-Eisenbahn wurde 1832 die Lokomotive »South Carolina« in Betrieb genommen. Mit ihrer Achsanordnung 1 B 1, ihrem Führerstand in der Mitte und mit zwei Schornsteinen an den Enden war sie die Vorläuferin der späteren Doppellokomotiven mit gelenkig verbundenen Hälften.

Um dieselbe Zeit kam die erste Baldwin-Lokomotive heraus: »Old Ironsides«, eine Anspielung auf Cromwells gepanzerte Reiter (siehe Abb. 1). Sie hatte einen liegenden Kessel, zwei angetriebene und zwei Laufräder, jene von 1,37 m, diese von 1,14 m Durchmesser. Die Lokomotive entwickelte eine Geschwindigkeit von 48 km in der Stunde, ebenso viel wie leerfahrend die »Atlantic«, mit einer Trieb- und einer Laufachse eine Zeitlang die Regelform bei der Baltimore und Ohio-Eisenbahn. Aus dem Jahre

1832 stammend, hatte sie wieder einen stehenden Kessel und ebensolche Zylinder von 25 cm Durchmesser und 51 cm Hub. Mit einer Last von 30 t legte sie eine Entfernung von 21 km in einer Stunde zurück. Sie wog 6,5 t. Über ihre Betriebskosten wurden sorgfältige Aufzeichnungen geführt; es ergab sich, daß diese 16 Dollar täglich betragen, während dieselbe Leistung mit Pferden 33 Dollar gekostet hätte.

Eine ähnliche Lokomotive wie die schon genannte »Experiment«, die »George Washington«, setzte die damalige technische Welt in Erstaunen. Es gelang ihr, eine Last von 14,4 t über eine 854 m lange, unter 1:14 geneigte Steilrampe mit einer Geschwindigkeit von 25 km/Std. zu befördern. Diese Leistung gab Anlaß, daß man von da an wagte, die Eisenbahnen für Reibungsbetrieb mit erheblich steileren Neigungen als vorher anzulegen. Ähnlich gebaut war auch der »Pioneer«, die erste Lokomotive, die in Chicago einfuhr. 1836 gebaut, scheint sie als erste den lange Zeit kennzeichnenden amerikanischen Schornstein mit Erweiterung nach oben gehabt zu haben.

1837 wurde in Philadelphia die erste »American«-Lokomotive, also eine solche der Achsanordnung 2 B, nach dem Entwurf von H. R. Campbell gebaut. Von ihren zwei gekuppelten Achsen saß die eine vor, die andere hinter der Feuerbüchse. Da ihr eine Vorrichtung zur gleichmäßigen Verteilung des Gewichts auf die Triebräder fehlte, lief sie hart; sie war aber ein guter Bergsteiger. Ihre beiden vorderen Laufachsen waren in einem Drehgestell gelagert.

Ähnlich gebaut war die »Mercury«, 1842 für die Baltimore und Ohio-Eisenbahn geschaffen. Sie war die erste Lokomotive, bei der die Stöße der Laufräder durch lange Federn, die die beiden Achsen verbanden, aufgefangen wurden. Die Lokomotive entwickelte eine hohe Geschwindigkeit und erreichte oft das Maß von einer Meile in der Minute (96 km in der Stunde), ein Ziel, nach dem in Ländern mit englischem Maßsystem schon immer gestrebt worden ist und dessen Erreichung auch heute noch eine ganz beachtenswerte Leistung ist. Die Zylinder der »Mercury« waren 51 cm lang und hatten 36 cm Durchmesser; ihre Triebräder hatten 1,52 m Durchmesser. Der Mangel der ersten »American«-Lokomotive, das Fehlen einer Vorrichtung zur gleichmäßigen Verteilung des Gewichts auf die Triebachsen, war bei ihr beseitigt, und sie lief daher auch viel ruhiger als jene. Im Laufe des Jahres 1844 legte sie fast 60 000 km zurück, was damals als Höchstleistung galt.

Um die Mitte der vierziger Jahre wurde mit dem Bau von 4/4 gekuppelten Lokomotiven begonnen. Die erste von ihnen wirbelte wegen ihres Gewichts, 23,5 t, bei der Probefahrt den Schmutz, der im Gleis lag, — für heutige Begriffe ein eigenartiges Gleis! — in solcher Menge auf, daß sie den Namen »Mud Digger« erhielt. Die Baltimore und Ohio-Eisenbahn bestellte trotzdem eine Anzahl Lokomotiven dieser Bauart, die 20 Jahre im Dienst blieben. Zwischen Kolbenstange und Triebstange war ein Übertragungshebel eingeschaltet, und beide bewegten sich daher in entgegengesetzter Richtung, was einen eigenartigen Anblick gegeben haben mag. Bei der nächsten 4/4 gekuppelten Lokomotive, der »Atlas« aus den Baldwinwerken für die Philadelphia und Reading-Eisenbahn, wurde dieser Antrieb verlassen und die Bewegung des Kolbens unmittelbar auf den Kurbelzapfen der vierten Achse übertragen. Die Lokomotive, für den Schiebedienst bestimmt, wog 27 t. Ihre Zylinder hatten 44 cm Durchmesser. Sie war für Holzfeuerung eingerichtet und hatte eine Feuerbüchse von nur 0,8 m². Sie war vermutlich die stärkste Lokomotive, die bis dahin gebaut worden war.

Um dieselbe Zeit kam in Amerika auch die Bauart auf, die als Crampton-Lokomotive eine Zeitlang auch in Europa erhebliche Bedeutung erlangt hat. Ihre Triebräder hatten 2,44 m Durchmesser. Die Camden und Amboy-Eisenbahn beschaffte sieben solche Lokomotiven, war aber mit ihren Leistungen

wenig zufrieden, weil der kleine Kessel die großen Zylinder — 33 cm Durchmesser, 96,5 cm Hub — nicht genügend mit Dampf zu speisen vermochte. Die Räder zeigten Scheibenform, da die Zwischenräume der Speichen mit Holz ausgefüllt waren. Die Feuertür lag hinter der Triebachse und der Heizerstand in einer Grube in gleicher Höhe mit dem Boden des Aschfalls. Die Lokomotive wog etwa 21 t.

Obgleich vorher schon Lokomotiven mit vier angetriebenen Achsen gebaut waren, kam doch erst 1847 die erste Lokomotive mit drei Triebachsen heraus, die sich dauernd durchzusetzen vermochte. Mit einem führenden Drehgestell war die »Chesapeake« von Norris die Vorläuferin einer langen Reihe von 3/5 gekuppelten Lokomotiven.

Eine sehr eigenartige Lokomotive erschien im Juni 1848 bei der mehrfach genannten Baltimore und Ohio-Eisenbahn: Sie war sozusagen zweigeschossig, der Führerstand saß auf dem Kessel und erstreckte sich fast über seine ganze Länge. Die Lokomotive führte daher den bezeichnenden Namen »Camel«. Ihr Erbauer war R. Winans, der auch die »Mud Digger« entworfen hatte. Seine neue Lokomotive wies in ihren Einzelheiten eine Anzahl Neuerungen auf. Von ihren Rädern hatte nur das vordere und das hintere Paar Laufkränze, die gehärtet waren; im übrigen bestanden die Räder aus Gußeisen. Die Räder waren möglichst eng zusammengedrückt; bei 1,09 m Durchmesser betrug der Radstand nur 3,42 m. Man sieht der Bauart an, daß sie auf das Befahren scharfer Krümmungen eingestellt war.

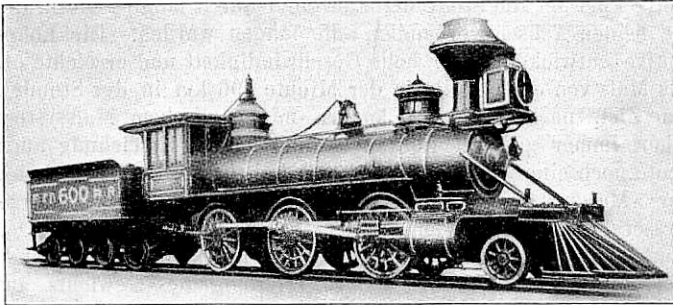


Abb. 2. Baltimore & Ohio Mogul Lokomotive ausgestellt im Jahre 1876.

Die zwei nächsten Lokomotiven, solche der Achsanordnung 2 B, zeichnen sich durch den großen Abstand des angetriebenen Achspaares von dem Laufachsenpaar aus. Die beiden letzteren lagen ganz vorn unter dem Schornsteinende des Kessels und vor ihm, die beiden ersteren ebenso weit nach hinten, so daß der Kessel den Raum zwischen ihnen frei überbrückt. Da die Lokomotiven außerdem noch weit vorgebaute Schienenräumer von der in Amerika beliebten schneepflugartigen Form hatten, boten sie ein eigenartiges Bild. Die erste von ihnen, »America«, 1854 gebaut, bildete das Vorbild für eine damals beliebte Bauart für Personenzuglokomotiven, und auch die zweite wurde vielfach nachgebaut. Man hatte bei ihr Wert darauf gelegt, nach damaligen Begriffen eine elegante Lokomotive herauszubringen, ohne zu den in jenen Jahren für diesen Zweck sonst angewandten Mitteln, blankes Messing und auffallender Anstrich, zu greifen; den Ansprüchen des heutigen Tages, der ebenfalls von einer Lokomotive nicht nur hohe Leistungen, sondern auch ein gutes, geschlossenes Bild verlangt, kann aber jene Lokomotive von 1857 in keiner von beiden Beziehungen mehr genügen. Eine Lokomotive dieser Bauart, Nr. 188, fiel im amerikanischen Bürgerkrieg mit manchen anderen Eisenbahnfahrzeugen in die Hände der Verbündeten und wurde von ihnen als das beste Stück ihrer Beute angesehen. Die »America« war für die

damalige Zeit eine große Lokomotive: sie wog 23 t, wovon 16 t als Reibungsgewicht nutzbar gemacht waren. Die Triebäder hatten 1,68 m Durchmesser, die Zylinderabmessungen waren 43 zu 56 cm. Die Lokomotive soll zur Beförderung eines »Blitzzugs« (Lightning Train) zwischen Philadelphia und Baltimore gedient haben.

Die amerikanischen Lokomotivbauarten haben bekanntlich sonderbare Eigennamen; bei manchen von ihnen kann man sich denken, daß der Name etwas mit ihrer Bauart oder ihrer Verwendung zu tun hat, so z. B. bei der Bezeichnung Prairie (1 C 1) und Mountain (2 D 1), und die Bauart Santa Fé (1 E 1) heißt so, weil sie bei der Santa Fé-Eisenbahn zuerst angewendet worden ist. Sprechende Namen sind auch Decapod (1 E) und auch den Grund für die Bezeichnung »Mastodon« (2 E) kann man sich denken, schwerer ist zu ergründen, warum eine amerikanische Maschine Adriatic (1 C 2) oder Baltic (2 C 2) heißt. Das erste Auftreten eines derartigen Namens finden wir bei der Bauart 1 C, die »Mogul« genannt wird, bei der durch Hinweis auf den Fürsten ihre Überlegenheit angedeutet werden sollte (siehe Abb. 2). Die Baldwin- und andere Werke, darunter Eastwick & Harrison, Norris, Milholland, hatten schon vorher Lokomotiven dieser Achsanordnung, zum Teil zur Ausfuhr nach Rußland, gebaut, aber die erste Mogul-Maschine, die 1863 gebaut wurde, wies jenen gegenüber die Neuerung auf, daß ihre führende Laufachse als Drehgestell ausgebildet und das Lokomotivgewicht auf diese Achse und die vorderste angetriebene Achse so übertragen wurde, daß ein Ausgleich dieser Gewichte möglich war.

Eine höchst eigenartige Lokomotive wurde 1863 für die Philadelphia und Reading-Eisenbahn gebaut. Sie war wie die schon beschriebene »Camel« zweistöckig; im oberen Geschoss über dem Kessel war der Führerstand untergebracht. Die Lokomotive, »Pennsylvania« genannt, von Milholland entworfen, übrigens eine Tenderlokomotive und auch in dieser Beziehung eine eigenartige Maschine, war die erste 6/6 gekuppelte Lokomotive. Ihre Zylinder waren 51 zu 66 cm groß, ihre Räder hatten 1,09 m Durchmesser. Ihr Gewicht betrug 45,5 t. Sie sollte als Schiebelokomotive auf steilen Neigungen dienen, bewährte sich aber nicht. Sie war für die leicht gebauten Güterwagen jener Zeit eine Gefahr, und die große Anzahl ihrer Räder gab Anlaß zu Schwierigkeiten in Krümmungen; sie wurde daher bald umgebaut.

Schon 1864 hatte der Maschinenmeister der Pennsylvania-Eisenbahn eine Baldwin-Lokomotive zur Bauart 1 D umgebaut, der seitdem für diese Achsanordnung üblich gewordene Name »Consolidation« kam aber erst 1866 auf, als die Baldwin-Werke einer neuen Lokomotive mit vier angetriebenen Achsen und einer Laufachse für die Lehigh Valley-Eisenbahn diesen Namen gaben, weil diese Eisenbahn damals gerade ihr Netz durch den Zusammenschluß — Consolidation — mit einer Anzahl anderer kleinerer Eisenbahnunternehmen vergrößerte. Der Eigenname der einen Lokomotive bildete dann die Bezeichnung der Bauart. Jene Lokomotive aus dem Jahre 1866 wog bereits 41 t, wovon 36 t als Reibungsgewicht ausgenutzt wurden.

Schon im nächsten Jahr wurden die ersten »Decapods« gebaut. Sie waren ebenfalls für die Lehigh Valley-Eisenbahn bestimmt; sie machte aber mit ihnen in ihren krümmungsreichen Gebirgsstrecken keine guten Erfahrungen und liefs sie daher umbauen, indem sie von ihren fünf Triebachsen eine abnehmen und dafür zu der Laufachse am vorderen Ende eine zweite unter dem Tenderkasten hinzufügen liefs. Das Gewicht wurde dadurch von 44 t auf 48 t erhöht.

Die amerikanischen Lokomotiven jener Zeit zeichnen sich fast alle durch ihren weit vorgebauten Gleisräumer aus, der den Anblick einer solchen Lokomotive nicht gerade reizvoller macht. Im übrigen legte man aber damals Wert auf ein

prächtiges Äußere der Lokomotiven. Am weitesten ging man in dieser Beziehung mit der Lokomotive »Commodore Vanderbilt«, einer Maschine der Bauart 2 B. Vor ihrem Schornstein war nach damaligem Gebrauch eine große rechteckige Laterne angebracht, die rechts und links das Ölbild des Commodore Vanderbilt trug. Die meisten ihrer äußerlich sichtbaren Einzelteile, sogar die Zylinder, dazu der Dampfdom, ferner die Handleiste und die Kanten der Laufbleche bestanden aus blankem Messing. Die Räder waren rot angestrichen und mit Gold abgesetzt. Die Lokomotive verkehrte bis 1905 in diesem Zustande.

J. E. Wootten hat die nach ihm benannte breite Feuerbüchse zwar nicht erfunden, aber ihren Wert erkannt. Er trat um 1880 so lebhaft für sie ein, daß er wohl verdient, daß sie seinen Namen führt. Sie hat sich bekanntlich bis heute erhalten. Mit ihrer Einführung begann eine Zeit, in der man sich mehr als bisher der Entwicklung der Kesselbauart widmete. Die erste der Lokomotiven mit dieser Feuerbüchse, für die Philadelphia und Reading-Eisenbahn gebaut, zeichnete sich durch die hohe Fahrgeschwindigkeit aus, die mit ihr erreicht wurde. Ihre große Rostfläche war dazu bestimmt, daß auf ihr Anthrazit gebrannt würde, sie eignete sich aber auch für andere Kohlenarten.

Schon 1866 hatte Forney Patente für die nach ihm benannte Lokomotive für den Vorortverkehr genommen; sie wurde namentlich auf den Hochbahnen von New York und Chicago verwendet. In New York waren z. B. in den neunziger Jahren 300 solcher Lokomotiven im Betriebe. Die ersten derartigen Lokomotiven hatten zwei angetriebene Achsen und ein Drehgestell unter dem Führerstand; später wurde noch eine dritte Triebachse, zuweilen auch ein führendes Drehgestell hinzugefügt.

Schon 1856 war eine 2 D Lokomotive, die »Centipede«, gebaut worden, die 1863 in den Besitz der Ohio-Eisenbahn überging. 1880 wurde diese Bauart, die den Gattungsnamen »Mastodon« erhalten hat, wieder aufgegriffen, indem die Lehigh Valley-Eisenbahn den »Champion« in ihren Lokomotivpark einstellte. Die Lokomotive wog 46 t und entwickelte eine Zugkraft von 10 t. Ihre Triebräder waren 1,22 m groß; ihre Zylindermaße waren 51 und 66 cm.

Eine in Amerika berühmte Lokomotive war die »999« der New York Central-Eisenbahn. Sie soll (wohl gemerkt »soll«) im Jahre 1883 den »Empire State Express« mit einer Fahrgeschwindigkeit von 181 km befördert haben, eine Leistung, die, wenn sie überhaupt glaubhaft wäre, auch heute noch unerreicht dastehen würde. Sie hatte 2,18 m große Triebräder und arbeitete mit dem damals ungewöhnlich hohen Kesseldruck von 17,7 at. Ihr Gewicht betrug 56 t.

Ebenfalls hohe Geschwindigkeiten wurden mit der Bauart »Columbia« (1 B 1) erreicht, die 1892 aufkam. Derartige Lokomotiven mit untereinander etwas abweichender Bauart des Kessels wurden für mehrere Eisenbahngesellschaften gebaut, sie fanden aber auf die Dauer keinen Anklang, weil sich die einzelne führende Laufachse bei hohen Geschwindigkeiten nicht bewährte, obgleich andererseits die Laufachse unter dem Tenderkasten die Ausdehnung der Feuerbüchse nach hinten und damit die Vergrößerung der Rostfläche möglich machte.

Noch größere Rostflächen wurden bei der »Atlantic«-Bauart (2 B 1) erreicht, von der die erste Lokomotive, 1895 von den Baldwin-Werken gebaut, dem Lokomotivpark der Atlantic-Coast-Eisenbahn angehörte. Eine dieser Lokomotiven diente im Juli und August 1897 zur Beförderung eines

Ausflugschnellzugs von Camden nach Atlantic City, der täglich außer Sonntags verkehrte; es wird für diese Lokomotive der Ruhm in Anspruch genommen, daß sie ihr Ziel regelmäßig zur fahrplanmäßigen Zeit erreichte und nicht ein Mal mit Verspätung ankam, obgleich ihr für die 89,3 km lange Strecke nur 52 Minuten Fahrzeit gegeben waren, was eine Stunden-geschwindigkeit von 103 km bedeutet.

Die erste »Mikado«-Lokomotive (1 D 1) wurde zwar in Amerika gebaut, war aber nicht für eine amerikanische Eisenbahn, sondern für Japan bestimmt. Sie bedeutete eine Fortbildung der Bauart »Consolidation«. 1897 wurde diese Lokomotive für die Nippon-Eisenbahn, also in Meterspur, gebaut, und 1903 folgte die erste Mikado-Lokomotive in Regelspur; sie hat dann die Consolidation ziemlich verdrängt. Ein großer Kessel und eine ausgedehnte Rostfläche machten es möglich, Dampf in großen Mengen zu erzeugen, so daß sich die Lokomotive gut für schwere Lasten eignet.

Ähnlich wie die Mikado eine Fortbildung der Consolidation ist, ging die »Prairie«-Bauart (1 C 1) aus der Bauart Mogul durch Hinzufügen einer Laufachse unter dem Führerstand hervor. Sie wurde im Jahre 1900 zum erstenmal für die Chicago, Burlington und Quincy-Eisenbahn gebaut. Ihr Rost war zwar nicht sonderlich lang, dafür aber breit und war daher leichter von Hand zu beschicken, als wenn die gleiche Fläche durch Ausdehnung in der Längsrichtung erreicht worden wäre. Die

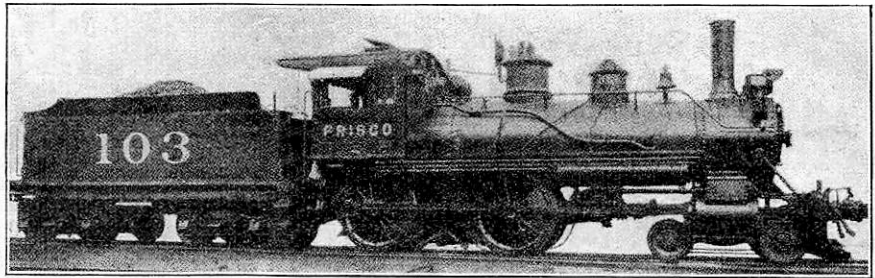


Abb. 3. 2 B Lokomotive aus dem Jahre 1881.

Prairie-Bauart hat sich nicht auf die Dauer zu halten vermocht, sie wird nur noch selten gebaut und ist durch schwerere Lokomotiven verdrängt worden.

1901 bauten die Baldwin-Werke die erste 2 C 1-Lokomotive für die Staatsbahnen von Neuseeland, und zwei Jahre später brachte die American Locomotive Company eine Lokomotive derselben Bauart für die Missouri Pacific-Eisenbahn heraus, der sie die Gattungsbezeichnung »Pacific« beilegte. Hervorgegangen aus der Atlantic-Bauart durch Hinzufügung einer dritten gekuppelten Achse hat sie einen größeren Kessel und eine größere Feuerbüchse, so daß sie mehr Dampf erzeugen kann. Infolgedessen besitzt sie hohe Zugkraft und dient sowohl zur Beförderung von Personen- wie von schnellfahrenden Güterzügen.

Eine Vergrößerung der Bauart Mikado ist die Bauart »Santa Fé«, 1903 zum erstenmal von den Baldwin-Werken für die Santa Fé-Eisenbahn gebaut und danach benannt. Mit ihren fünf angetriebenen Achsen hat sie sich sehr bewährt und die Mikado-Lokomotive in vielen Fällen verdrängt. Die Santa Fé-Bauart ist, abgesehen von den Gelenklokomotiven, die schwerste unter den Lokomotiven Amerikas; man ist mit ihr bis zu einem Gewicht von 175 t gegangen.

Von den eben erwähnten, aus zwei gelenkig verbundenen Teilen bestehende Lokomotiven, unter dem Namen »Mallet« bekannt, obgleich der französische Fachmann dieses Namens mehr an der Überhitzung als an der Zusammensetzung dieser

Lokomotive aus zwei Hälften beteiligt ist, war die erste eine CC-Lokomotive aus dem Jahre 1904 für die Baltimore und Ohio-Eisenbahn; sie wog 150 t, ein heute überholtes Gewicht, aber für die damalige Zeit etwas ganz ungewöhnliches. Sie wurde als Neuerung auf der Weltausstellung in St. Louis gezeigt. Die schwerste dieser Lokomotiven, für die Virginia-Eisenbahn gebaut, mit zweimal fünf angetriebenen Achsen wiegt 310 t.

Dient diese Lokomotive ausschließlich dem Güterzugdienst, so ist die Bauart »Mountain« (2 D 1) die schwere Lokomotive für den Personenzugverkehr mit schweren Zügen auf Strecken mit steilen Neigungen; auch für schnellfahrende Güterzüge wird sie zuweilen benutzt. Die erste dieser Lokomotiven, 1912 von der American Locomotive Company für die Chesapeake und Ohio-Eisenbahn erbaut, wog 150 t und besaß eine Zugkraft von 26 t. Sie ist eine Fortbildung der Pacific-Bauart und zeichnet sich durch ihren großen Kessel und hohe Dampfentwicklung aus.

Schon in den vierziger Jahren wurden in Amerika Dreizylinder-Lokomotiven gebaut, und einige Versuche auf diesem Gebiet finden sich wieder um 1880 und Anfang der neunziger Jahre. 1912 wurde der Gedanke, drei Zylinder anzuordnen, wieder aufgegriffen und im neuzeitlichen Sinne in die Wirklichkeit übertragen. Die American Locomotive Company baute eine Anzahl solcher Lokomotiven, unter denen eine der ersten 1923 für die Lehigh Valley-Eisenbahn geliefert wurde.

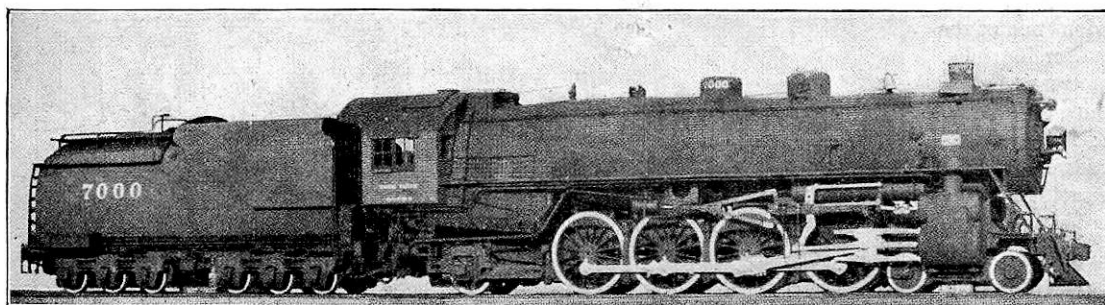


Abb. 4. Union Pacific Personenzuglokomotive Nr. 7000.

Ihre drei Zylinder haben 63 cm Durchmesser und 71 cm Hub. Die Lokomotive wiegt 167,5 t und kann eine Zugkraft von 29,9 t entwickeln.

Damit sind wir bei den amerikanischen Riesenlokomotiven des heutigen Tages angelangt, von denen noch »Horatio Allen«, 1924 für die Delaware und Hudson-Eisenbahn gebaut, als Hochdrucklokomotive genannt sei. Der überhitzte Dampf hat einen Druck von 24,6 at und wird in einem Niederdruckzylinder nochmals mit 6,3 at Druck ausgenutzt. Besonders gerühmt wird an dieser Lokomotive der sparsame Kohlenverbrauch. Sie wiegt 158 t; die Zugkraft beträgt 39 t bei einfacher Dampfdehnung, 32,5 t bei Verbundwirkung und kann durch einen Zusatzmotor noch um 8,9 t gesteigert werden.

Im Frühling 1925 sind der Southern Pacific-Eisenbahn von der American Locomotive Company 16 Dreizylinder-Lokomotiven mit Ölföuerung geliefert worden, die für die schwersten steifgekuppelten Lokomotiven der Welt gelten. Eine solche Lokomotive wiegt 200 t, wovon 143 t als Reibungsgewicht ausgenutzt werden. Die Triebräder haben 161 cm Durchmesser. Zwei von den Zylindern haben 63,5 cm Durchmesser bei 71 cm Hub, beim dritten sind die entsprechenden Maße 63,5 cm und 81 cm. Der Dampfdruck beträgt 15,8 at. Mit dem Zusatzmotor leistet die Lokomotive 43,4 t an Zugkraft. Der sechsachsige Tender faßt 15 m³ Heizöl.

Als besonders bemerkenswert unter den neueren amerikanischen Lokomotiven gilt auch die Bauart »Lima« (1 D 2), die

seit Februar 1925 bei der Boston und Albany-Eisenbahn für den Güterzugdienst benutzt wird. Sie hat einen 100 Quadratfuß (9,29 m²) großen Rost. Ihr Gewicht beträgt 175 t, das Reibungsgewicht 112,7 t. Die Zugkraft, 31,5 t, kann durch einen Zusatzmotor auf 37,5 t gesteigert werden. Um die Anpassungsfähigkeit dieser Lokomotive zu zeigen, liefs man sie einen Schnellzug von Chicago nach Minneapolis befördern, ohne daß sie unterwegs vom Zug getrennt wurde. Der Zug bestand aus 16 Wagen, ganz aus Stahl gebaut, und wog 1200 t. Der 679 km weite Weg wurde ohne Anstand in 13 Stunden 29 Minuten zurückgelegt. Die Boston und Albany-Eisenbahn hat 25 solche Lokomotiven bestellt.

Der Zug ins Große, der die amerikanische Denkweise beherrscht, zeigt sich bei drei Lokomotivbauarten, die die Union Pacific-Eisenbahn neuerdings unter den Nummern 7000, 8000 und 9000 in ihren Betriebsmittelpark eingestellt hat. Nr. 7000 (Abb. 4) hat die Bauart 2 D 1, unter dem Namen Mountain bekannt, bietet also insofern nichts besonderes; Nr. 8000 mit der Radanordnung 2 E 1, als Bauart »Overland« bezeichnet, dient dem schweren Güterzugverkehr, während Nr. 7000 für Schnellzüge bestimmt ist. Beide werden übertagt von Nr. 9000, einer Güterzuglokomotive mit der Radanordnung 2 F 1. Sie gilt für die größte, schnellste und leistungsfähigste einteilige Dampflokomotive des heutigen Tages, die Güterzüge mit Personenzuggeschwindigkeit befördern kann. Ihr Gewicht beträgt einschließlich des sechsachsigen Tenders 355 t. Ihre Länge ist

31,27 m. Ihr Rost ist 10 m² groß. Ihre drei Zylinder haben 686 mm Durchmesser, die zwei äußeren haben 813 mm, der innere hat 838 mm Hub. Die Lokomotive entwickelt eine Geschwindigkeit von 80 km/Std. und eine Zugkraft von 43,8 t; sie leistet 4330 PS. Sie führt einen Wasservorrat von 57 m³ und einen Kohlenvorrat von 21 t mit sich, von denen in der Stunde, der Feuerung mechanisch

zugeführt, 6 bis 7 t verbraucht werden. Die Triebräder haben einen Durchmesser von 1,70 m. Die Lokomotive bedeutet im ganzen eine Neuerung, setzt sich aber aus einer Anzahl bekannter Einzelheiten zusammen, an denen allerdings in gemeinschaftlicher Arbeit der technischen Beamten der Union Pacific-Eisenbahn und der American Locomotive Company zahlreiche Verbesserungen angebracht worden sind.

Für die vorstehenden Beschreibungen einzelner amerikanischer Lokomotiven hat zum Teil eine Veröffentlichung der Central Steel Company in Massillon, Ohio, als Quelle gedient, der auch ein Teil der Bilder entnommen ist. Das sehr vornehm ausgestattete Buch kann natürlich keine erschöpfende Geschichte des amerikanischen Lokomotivbaus bieten und noch viel weniger soll das der vorstehende Überblick; es sollen vielmehr nur einige Marksteine aus der Entwicklung herausgegriffen werden, die dieses wichtige Gebiet neuzeitlicher Technik in den letzten 100 Jahren durchgemacht hat. Diese Entwicklung ist zum Teil sprunghaft, zum Teil stetig verlaufen, geradezu verblüffend wird es aber, wenn man einmal Anfang und Ende nebeneinander hält. Neben manchem, was schon die ersten Lokomotivbauer richtig entworfen haben, finden sich bei den neueren Lokomotiven natürlich auch bauliche und grundsätzliche Unterschiede; erstaunlich ist besonders der Fortschritt, der in der Größe der Lokomotiven gemacht worden ist. Insofern ist aber die Entwicklung der letzten 100 Jahre geradlinig gewesen, als die Kolbendampflokomotive auch heute noch ihren Platz behauptet.

Es sind allerdings in den letzten Jahren einige neue Gedanken in bezug auf den Antrieb verwirklicht worden. Die Diesellokomotive und die Turbinenlokomotive sind aber über den Versuch noch nicht hinausgediehen und nur die elektrische Lokomotive hat neben der Kolbendampflokomotive bis jetzt praktische Bedeutung für den Eisenbahnbetrieb erlangt. Man kann natürlich heute nicht sagen, wohin die zukünftige Entwicklung führen wird, so viel kann aber wohl mit Sicherheit angenommen werden, daß der Kolbendampflokomotive, mögen neben ihr auch andere Arten des Antriebs auftreten, noch ein langes, ereignisreiches Leben beschieden sein wird. Die nächsten Neuerungen dürften voraussichtlich auf dem Gebiet einer Erhöhung des Kesseldrucks liegen. Hat Amerika in bezug auf

das Lokomotivgewicht und gewisse Besonderheiten, die mit der Größe der Lokomotive in Verbindung stehen, die Führung übernommen, so ist ihm Europa, und zwar Deutschland, zur Zeit im Kesseldruck weit vorausgeeilt. War doch auf der Verkehrsausstellung in München eine Lokomotive für 60 at Dampfdruck ausgestellt, während in Amerika die höchste, in dieser Hinsicht erreichte Zahl 24 at sind. Der amerikanische Lokomotivbau wird sich aber sicher die durch Beschreiten dieses Weges gebotenen Möglichkeiten nicht entgehen lassen, und so sind in der nächsten Zeit wohl grundlegende Neuerungen im Eisenbahnmaschinenwesen der Vereinigten Staaten nicht ausgeschlossen. In einem solchen Zeitpunkt hat es besonderen Reiz, auch einmal rückwärts zu schauen, wie es vorstehend geschehen ist.

Berichte.

Werkstätten, Stoffwesen.

Werkstattswirtschaft der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

In der Deutschen Maschinentechnischen Gesellschaft sprach Reichsbahndirektor Geheimer Baurat Dr. Ing. Kühne kürzlich über die „Weiterentwicklung des Werkstättenwesens und der Werkstattwirtschaft bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft“. Die nach dem Kriege eingeleitete Umstellung der Ausbesserungswerke der Deutschen Reichsbahn von der handwerksmäßigen Ausbesserung auf wirtschaftliche Betriebsführung macht in ihren Erfolgen immer weitere Fortschritte. Die neuzeitlichen Arbeitsverfahren in planmäßiger Folge der Arbeitsvorgänge mit hinreichender Unterteilung und teilweiser Anwendung der fließenden Fertigung, der Übergang zum Vorrats- und Austauschbau soweit zugänglich, haben zu einer erheblichen Beschleunigung der Ausbesserungen geführt, ohne daß dabei die Güte der Arbeit leidet, da sorgfältige Arbeitsprüfung stattfindet. Es ist erreicht, daß zur Hauptausbesserung einer Lokomotive heute im Durchschnitt nur noch 40 Tage gegenüber 110 Tagen vor dem Kriege benötigt werden. Dabei sind bereits außergewöhnliche Spitzenleistungen zu verzeichnen. Im Ausbesserungswerk Sebaldsbrück ist die Hauptausbesserung einer Lokomotive der Type G 8 nach vorhergehender sorgfältiger Vorbereitung in 30 Stunden ausgeführt worden und erst nach einer Laufzeit von 27 Monaten ist die Lokomotive zur Hauptausbesserung in die Werkstatt zurückgekehrt. Die Zahl der Ausbesserungsstände ist heute für die Bewertung der Leistung einer Werkstatt nicht mehr maßgebend, sondern die Höhe des Umschlags auf dem Stand, der wesentlich höher ist, als vor dem Kriege, so daß viele Stände in den Riehthallen für Fertigungswerkstätten freigegeben werden konnten. Z. B. genügen in einem Lokomotivausbesserungswerk, dem 750 Lokomotiven zur Instandhaltung zugewiesen sind, zwölf Stände. Die Laufzeit der Lokomotiven zwischen zwei Hauptausbesserungen beträgt heute 76 000 km, Personen- und Schnellzuglokomotiven erzielen im Durchschnitt über 100 000 km und nicht vereinzelt 250 000 km und mehr. Amerikanische Arbeitsmethoden wie das Honing- und Lappingverfahren müssen in die Werkstätten übernommen werden. Die Schleifarbeiten treten damit stärker hervor. Im übrigen wendet die Reichsbahn bereits alle neu-

zeitlichen Arbeitsverfahren an; auch geprefste Teile an Stelle von gußeisernen werden verwendet. Die vorgeschriebenen Toleranzen werden eingehalten. Die konstruktive Fortentwicklung der Fahrzeuge muß in der Richtung einfacher Unterhaltung liegen.

Zur sachgemäßen Leitung der Werke ist die betriebswirtschaftliche Vollarbeitung Bedürfnis geworden. Sie ist bei sechs Werken eingeführt, hat aber vorerst nur statistischen Charakter. Daneben läuft die alte Abrechnungsart nach kameralistischem Prinzip. Die neue Abrechnung ist nach den verschiedenen Fahrzeugarten unterteilt und läßt auch die auf die Lokomotiv- und Wagenachskilometer entfallenden Kosten erkennen, welche die Grundlage für alle tarifarischen Maßnahmen bilden und auch bei anderen Bahnverwaltungen im Gebrauch sind. Im Durchschnitt entfallen auf 100 000 Achskilometer 3,6 Arbeiter (in Italien 3,91). Die Unterhaltungskosten für 1000 Lokomotivkilometer betragen im Durchschnitt 320 *M.*, in Amerika 900 bis 1000 *M.* (Dollar = 4,2 *M.*). Die kilometrische Leistung der amerikanischen Lokomotiven zwischen zwei Hauptausbesserungen ist im allgemeinen geringer als bei der Reichsbahn. Die Unterhaltungskosten für 1000 Personenwagenachskilometer haben sich zu 16 *M.* ergeben. Das Anlagekapital des gesamten deutschen Fahrparks beträgt rund 7 Milliarden *M.* und es ergibt sich, daß die Unterhaltungskosten im Durchschnitt aller Fahrzeuge 8,7% des Anlagekapitals betragen, während es vor dem Kriege 9,7% waren. Hierbei muß man beachten, daß die Ausbesserungen vielfach umfangreicher geworden sind als vor dem Kriege. Die Zahl der Heißdampflokomotiven, der Lokomotiven mit Kipprosten, Bremse und Schlammabscheider hat sich vergrößert. Die Unterhaltung der durchgehenden Güterzugbremse ist hinzugekommen. Die Vermessung der Fahrzeuge wird wesentlich sorgfältiger gehandhabt. Die Einrichtungen der Fließarbeit erfordern Unterhaltungskosten. Dies sind Mehr- und Sonderleistungen, die vor dem Kriege nicht vorhanden waren. Die hierauf entfallenden Arbeiter sind bei vorsichtiger Schätzung mit etwa 17 000 in Ansatz zu bringen. Die Neubeschaffungen sind wesentlich geringer als vor dem Kriege.

Przygode.

Lokomotiven und Wagen.

Personenwagen der französischen Südbahn aus Stahl.

Hierzu Tafel 22.

Bereits vor dem Kriege beschäftigten sich französische Bahnen, dem amerikanischen Beispiel folgend, mit dem Gedanken, Stahlwagen für Schnellzüge zu bauen. Seit 1910 laufen auf den elektrisch betriebenen Vorortstrecken von Paris eine Reihe von Stahlwagen, desgleichen auf den Untergrundbahnen, wo teilweise auch die Sitzplätze aus stark elastischem Stahlblech gefertigt sind.

1921 wurde ein Modell gebaut, in dem überhaupt kein Holz mehr verwendet wurde. Ein eingehendes Studium liefs jedoch erkennen, daß es möglich wäre Holz für einige nebensächlichere Bauteile: Fenster- und Türrahmen, sowie Zierleisten, zu verwenden ohne eine Brand- oder Splittergefahr bei Zusammenstößen wieder heraufzubeschwören.

Hierauf wurde ein vierachsiger Versuchswagen mit drei Abteilen I. und fünf Abteilen II. Klasse, Seitengang und zwei Aborten erstellt.

Um an Gewicht zu sparen und die Stahlwagen nicht wesentlich schwerer zu machen als die bisherigen Holzwagen ging man von der klassischen Bauweise, einen widerstandslosen Kasten auf einen widerstandsfähigen Rahmen zu setzen, ab und bezog die ganzen Wände als tragende Glieder in die Konstruktion ein. Der Rahmen wurde dadurch leichter, weil er nur noch dem Horizontalabzug und -Stoß in der Fahrtrichtung zu widerstehen brauchte und ihm gegenüber den Vertikalkräften nur noch die Rolle eines Brückenuntergurtes zufiel. Die Seitenwände, der Fußboden und das Dach sind so miteinander verbunden, daß sie einer Kastenbrücke ähneln. Um die unvermeidlichen Geräusche infolge der Schwingungen der Konstruktionsbleche zu dämpfen, sowie um eine genügende Wärmeisolierung zu schaffen hat man Korkplatten von 10 mm Stärke auf den Konstruktions- und Verkleidungsblechen vorgesehen.

Der Versuchswagen wurde von den Ateliers de Construction du Nord de la France in Blanc-Misseron hergestellt. Er hat 21570 mm

über Puffer, eine Kartenlänge von 20280 mm, einen Drehzapfenabstand von 14680 mm und 2500 mm Achsabstand im Drehgestell. Er ist mit Westinghouse-Schnellbremseinrichtung, elektrische Beleuchtung nach Vickers (London), Handbremsen und Heizanlagen nach Westinghouse ausgerüstet. Die Zahl der Sitzplätze ist 58. Die Südbahn hat nach Erprobung 40 solcher Wagen bestellt. Der Fußboden ist im ganzen Wagen aus Wellblech mit eingegossenem Terrazolith und in der II. Klasse einschließlic des Ganges mit Linoleum, in der I. Klasse einschließlic des Ganges mit Matten bedeckt. In der Heizzeit steht in den Aborten auch Warmwasser zu Waschzwecken zur Verfügung. Im Falle von Schäden an der elektrischen Beleuchtungsanlage kann durch ein mitgeführtes Kabel der Wagen an den Nachbarwagen angeschlossen werden, worauf dann beide Wagen auf halbe Lampenzahl geschaltet werden.

Die auf Taf. 22 wiedergegebenen Abbildungen zeigen die Bauart des Kastengerippes und Einzelheiten der Verbindungen. Der Rahmen besteht aus Profileisen und Schmiedestücken, er wird durch Querstücke und durch den Wellblechboden, der mit Magnesiumzement (Terrazolith) bedeckt ist, versteift (Abb. 4, Taf. 22).

Wie erwähnt, wirken die Seitenwände wie ein Gitterträger, der sich wie folgt zusammensetzt: Als Untergurt ist ein U-Eisen von $200 \times 91,5 \times 10$ nebst einem Winkeleisen von $80 \times 80 \times 10$, die auf einem Sohlblech von 8 mm ruhen, verwendet; als Obergurt zwei Winkeleisen von $120 \times 80 \times 10$ und $80 \times 60 \times 8$, und als Streben Z-Eisen von $85 \times 65 \times 50 \times 6$, die an Ober- und Untergurt genietet sind. Auf ihnen ist das 3 mm starke Aufslenblech befestigt, das der Höhe nach durch drei wagrechte, U-förmig gebogene 2 mm starke Blechstreifen versteift wird.

Die Zug- und Stoßkräfte werden unmittelbar bis zum Drehzapfenquerträger übertragen. Die innere Teilung des Wagens wird durch Doppelwände aus 1 bzw. 1,5 mm starken Blechen gebildet, die auf Teakholzbalken mit Holzschrauben aus Messing befestigt sind. Für das Dach ist 1,5 mm Blech außen und 1 mm Blech innen verwendet. Messingholzschrauben wurden angewendet um das wiederholte Auseinandernehmen zu erleichtern. Die Drehgestelle sind von derselben Bauart wie diejenigen für die neueren elektrischen Vorortbahnwagen für Paris. Der Achsstand ist 2500 mm. Das Gewicht des ganzen Wagens ist 43,8 t, während amerikanische Wagen Gewichte von nahezu 60 t aufweisen. Der in seinen tragenden Teilen fertige Wagen wurde wie folgt belastet:

- 4,5 t für Belastung durch die Reisenden,
- 4,0 t für eine Überlast an Reisenden,
- 3,0 t als Sicherheitslast.

Dabei betrug die Durchbiegung in der Mitte etwa 1,8 mm. Ferner wurde der Wagen mit 30 Mann belastet, welche lotrechte rhythmische Schwingungen erzeugten, wobei etwa noch 8,5 t übernormale Last vorhanden waren. Hierbei war die Schwingungswellenhöhe etwa 1 mm.

Der Stahlwagen wurde 1925 auf der Exposition des Arts, Décoratifs et Industriels in Paris gezeigt. Durch einen Zufall wurde dieser Wagen nach Beendigung der Ausstellung einer harten Probe unterzogen, die besser als alle einzelnen Proben in der Fabrik oder rechnerische Überlegungen erwies, welche Widerstandsfähigkeit er besitzt. Gelegentlich einer Verschiebebewegung am Bahnhof Bercy wurde der Wagen von einer kleinen 38 t schweren Lokomotive geschoben und stieß infolge eines Irrtums des Weichenstellers auf einen Gütereilzug, der von einer 100 t Lokomotive gezogen wurde und 325 t schwer war. Im Augenblick des Zusammenstoßes war die Geschwindigkeit des Zuges noch 35 km/h. Der Wagen war also einerseits von 425, andererseits von 38 t eingeschlossen. Durch den Stoß wurde der Stahlwagen und die Verschiebelokomotive zurückgeschleudert, wobei das rückwärtige Drehgestell entgleiste und der Wagen dadurch etwas aus der Gleisachse kam. Dadurch schnell wieder zum Stillstand gekommen, konnte der Zug nochmals auf den Wagen stoßen, diesmal verfehlten sich die Puffer, der Stoß ging also auf das Kopfstück. Bei dieser Gelegenheit wurde der Zughaken abgesprengt. Durch den zweiten Stoß wurde der entgleiste Wagen nochmals fortgeschoben und stieß gegen den Pfeiler einer Steinbrücke, um bei der darauf folgenden Eisenbrücke mit dem Dach am Pfeiler zu streifen. Der erste Pfeiler der Eisenbrücke gab nach,

während der zweite Pfeiler dieser Brücke den Wagen zum Stillstand brachte. Der ganze Weg des Wagens war etwa 17 m.

Die Schäden am Wagen waren folgende: die Kupplung und die Puffer wurden abgeschert. Es brach keine einzige Fensterscheibe im ganzen Wagen. Ein Türflügel und die Steigleiter wurden infolge Streifens am Brückenpfeiler an der Stirnwand leicht beschädigt. Auf der Seite gegen die Güterzuglokomotive gab das getroffene Kopfstück etwas nach, so daß sich das Bodenblech der Endbühne stauchte und leichte Risse im Terrazolithbelag auftraten. Dadurch konnte eine Seitentür nicht mehr geöffnet werden.

Schlechter erging es den Lokomotiven. Bei der Verschiebelokomotive wurde das Kopfstück aus stahlblechverkleidetem Eichenholz vollkommen zertrümmert, die Längsträger waren um 50 mm verbogen, die Rauchkammertür war gänzlich zertört. Bei der Güterzuglokomotive wurde das Kopfstück verbogen und aufgerissen und die Puffer losgerissen.

Der Unfall hat eine ungewollte, aber gute Gelegenheit gegeben die Widerstandsfähigkeit von Stahlwagen zu erproben, Hom.

Ein neuer dieselelektrischer Triebwagen.

Die Schweizerischen Bundesbahnen haben vor nicht zu langer Zeit die Versuchsfahrten mit einem neuen Triebwagen abgeschlossen, der mit einem Dieselmotor von 250 PS-Leistung und elektrischer Kraftübertragung arbeitet. Der Motor ist von Gebrüder Sulzer, A.-G., in Winterthur, der elektrische Teil von Brown, Boveri & Cie. und der mechanische Teil von der Schweizerischen Industriegesellschaft in Neuhausen ausgeführt. Der Wagen hat Regelspur, ist 20,3 m lang, vierachsig und wiegt 57 t. Hiervon entfallen auf den mechanischen Teil 38 t, auf den elektrischen Teil ohne Anwurfatterie 10 t, auf den Dieselmotor 7,8 t und auf die Anwurfatterie 1,2 t. Die größte Zugkraft am Radumfang beträgt 4600 kg, die Dauerzugkraft bei 60 km/h Fahrgeschwindigkeit 700 kg, bei 30 km/h 1400 kg und bei 20 km/h 2100 kg. Der Wagen hat mittleren Eingang, zwei Personenabteile, ein geräumiges Gepäckabteil und an beiden Stirnseiten Führerstände. Der 4,3 m lange Maschinenraum schließt sich an das Gepäckabteil an. Der Motor ist ein Viertakt-Dieselmotor ohne Verdichter mit acht V-förmig angeordneten Zylindern, und leistet bei 550 Umläufen/min 250 PS an der Welle. Der mit ihm unmittelbar gekuppelte sechspolige Gleichstromerzeuger gibt 325 Ampère bei 750 Volt ab. Beim Anwerfen des Dieselmotors wird der Stromerzeuger über eine besondere Erregerwicklung als Reihenschlußmotor geschaltet. Der Strom zu seinem Antrieb wird einer Nickel-Eisenbatterie von 90 Zellen und 160 Ampèrestunden Kapazität bei ein-stündiger Entladung entnommen. Die Batterie wird durch die Erregermaschine aufgeladen, die auch die Hilfsmaschinen mit Strom versorgt.

Das Kühlwasser läuft durch einen Dachkühler, durch den ein Ventilator von 10 PS Luft bläst. Zur Aufrechterhaltung der dem Motor zuträglichsten Kühlwassertemperatur sind mehrere Stufen des Kühlers abschaltbar. Im Winter wird das erwärmte Kühlwasser der Wagenheizung zugeführt. Außerdem ist elektrische Heizung vorgesehen. Da der Triebwagen nur durch einen Mann bedient wird, so sind eine Totemannkurbel und ein Fußkontakt vorhanden, die der Führer betätigen muß, damit nicht die Erregung abgeschaltet und die Notbremse in Tätigkeit gesetzt wird. Indessen tritt diese Einrichtung erst in Wirksamkeit, wenn die Fahrgeschwindigkeit 20 km/h überschreitet. Die beiden in einem Drehgestell liegenden Triebmotoren sind eigengelüftete Achsmotoren in Straßenaufhängung von 70,5 kW Stunden- und 56,5 kW Dauerleistung. Durch Widerstände im Erregerstromkreis wird die Motorenspannung bei Hintereinanderschaltung zwischen Null und 750 Volt, bei Parallelschaltung zwischen 300 und 750 Volt geändert.

Bei den Versuchsfahrten (der Wagen ist bereits seit mehr als einem Jahre in ständigem Betrieb), hat ein 77 t schwerer Zug, bestehend aus dem Triebwagen und einem Anhänger, 6,7 g Brennstoff für 1 tkm verbraucht. Bei 26,3 v. T. Steigung erreichte der Triebwagen ohne Anhänger rund 27 km/h Geschwindigkeit und in der Steigung 21 v. T. mit 20 t Anhängelast 26 km/h, während in der Ebene die höchste Fahrgeschwindigkeit 60 km/h betrug. E. H.