

Die Eisenbahnbrücke über die Mur bei Bruck.

Von Oberbaurat Ing. Alois Preyßl, Wien.

Hierzu Tafel 25.

Die bisherige eiserne Brücke über die Mur wurde im Zusammenhang mit den Bauarbeiten der eingleisigen Zweiglinie von Bruck nach Leoben ausgeführt und im Jahre 1868 vollendet. Bei Herstellung eines zweiten Gleises in der genannten Strecke (1901 bis 1903) wurde keine Änderung der Brücke durchgeführt, wodurch ein eingleisiger Engpaß im Bereich der Ausfahrt aus dem Bahnhof Bruck entstand, der sich immer ungünstiger auf die Abwicklung des Verkehrs auswirkte.

Das alte Tragwerk ist ein über drei Felder durchlaufender Parallelträger mit gekreuzten Diagonalen und versenkter Fahrbahn (Stützweiten 36,2 + 44,4 + 36,2 m), das auf je zwei gemauerten Landwiderlagern und Flußpfeilern ruht. Die aus Schweißisen hergestellte Brücke wurde wegen Erhöhung der Verkehrslasten im Jahre 1893 mit Schweißisen und im Jahre 1905 mit Flußisen verstärkt.

Die Mauerwerkskörper sind auf sandig-schottrigem, teilweise sandig-lehmigem Baugrund aufgeführt, wobei die Grundmauern der Pfeiler durch Spundwände umschlossen wurden. Bei den rund 14 und 17 m hohen Widerlagern, an die sich 12 und 14 m hohe Dammkörper anschließen, zeigten sich nun im Laufe der Jahre Setzungen und Verdrehungen, die auf eine unzureichende Gründung zurückzuführen sind. Die Rückenmauern der beiderseitigen Landwiderlager preßten sich gegen die Enden des Tragwerks, so daß das Tragwerk durch Ausstemmen entsprechender Nischen in den Rückenmauern fallweise freigelegt werden mußte.

Als in den letzten Jahren infolge Setzung der Landwiderlager ein Schlagen der Tragwerksenden zu beobachten war, wurden die Tragwerksenden mit hydraulischen Pressen, die mit Druckmanometern versehen waren, so weit gehoben, bis der für die Endauflager errechnete Auflagerdruck erreicht war; dann wurde die Lagerung entsprechend berichtigt.

Da zur Zeit der Hebung bereits geringe Formänderungen bei einigen in der Nähe der Flußpfeiler liegenden Untergurtstäben festgestellt wurden, mußten die zur entsprechenden Lagerung der Brücke notwendigen Arbeiten mit größter Vorsicht durchgeführt werden, um weitere Schädigungen zu vermeiden. Ferner wurden Probestücke aus dem Tragwerk entnommen und der Festigkeitsprüfung unterzogen.

Um die Beschaffenheit des Eisens genau beurteilen zu können, wurden an mehreren Stellen des Tragwerks Feinstrukturuntersuchungen mittels Röntgenstrahlen nach der Methode der radialen Interferenzlinienbreite im Kegelreflexionsverfahren von Dr. Regler*) durchgeführt. Grundlegend für diese Untersuchungen ist die Erkenntnis, daß auch bei rein elastischen Beanspruchungen restliche Spannungen zurückbleiben und daß im Laufe der Jahre durch die elastischen Nachwirkungen dieselben Störungen des Kristallgitters hervorgerufen werden, wie bei einer plastischen Verformung.

Die Interferenzlinienbreite, die mikroskopisch gemessen wird, ist ein Maß dafür, wie weit die Verschiebung der Atome bereits vorgeschritten ist und ob noch die Möglichkeit für weitere Verschiebungen besteht.

*) Siehe Z. öst. Ing.- u. Arch.-Ver. H. 33/34 vom 20. August 1932.

Da nun die Festigkeit des Eisens mit zunehmender radialer Interferenzlinienbreite abnimmt, kann durch das angegebene Verfahren, gleichbleibende Belastungen vorausgesetzt, die Lebensdauer des betreffenden Tragwerks annähernd ermittelt werden.

Auf Grund der Materialprüfung, bei der festgestellt wurde, daß die Alterung des Tragwerks bereits weit vorgeschritten war, ergab sich nunmehr die zwingende Notwendigkeit, die bestehende Brücke durch ein neues Bauwerk zu ersetzen.

Um die Gleisanlagen des Personenbahnhofs Bruck a. d. Mur dem heutigen Verkehr entsprechend ausgestalten zu können, wurde von der Auswechslung des bestehenden Tragwerks an Ort und Stelle abgesehen und die Herstellung einer neuen Brücke für zwei Gleise, 12 m flußabwärts vom bestehenden Tragwerk, in Aussicht genommen. Bei dem günstigen Verhältnis der für die Hauptöffnung notwendigen Lichtweite zur vorhandenen Lichthöhe war die Voraussetzung für die Herstellung einer Bogenbrücke gegeben, doch waren erst die Ergebnisse der Bodenuntersuchung und Erwägungen wirtschaftlicher Art maßgebend für die Entscheidung über die Konstruktionsart, die Gründung der Widerlager und schließlich hinsichtlich der Wahl der Baustoffe.

Bei den Probebohrungen wurde in einer Tiefe von rund 10 m unter dem Niederwasserspiegel Felsboden, und zwar Phyllit angetroffen, der von sandig-schottrigem, zum Teil mit Lehm durchsetzten Boden überlagert war. Auf Grund technischer Erwägungen und vergleichender Kostenberechnungen wurde schließlich für die Überbrückung der 70 m weiten Hauptöffnung ein Dreigelenkbogen aus bewehrtem Beton mit 63 m Stützweite und 10,90 m Pfeilhöhe (zwischen Scheitel- und Kämpfergelenk) zur Ausführung bestimmt.

Die Bogenbreite (8,50 m) entspricht der auf der Brücke vorgesehenen Gleisentfernung von 4,75 m. Die Brückenbreite beträgt 11 m, wobei die beiderseits der Fahrbahn angeordneten Gehwege ausgekragt sind. Die Bogenstärke ist im Viertel- punkt mit 1,96 m, die Kämpferstärke mit 1,56 und die Scheitelstärke mit 1,20 m bemessen.

Zur Trockenhaltung der Baugrube für den Aufbau der Widerlager waren ursprünglich eiserne Spundwände vorgesehen, doch wurde im Hinblick auf die erforderliche Gründungstiefe und wegen der Schwierigkeit, in dem mit starken Findlingen (bis 1 m³) durchsetzten Baugrund Spundwandisen zu rammen, von dieser Ausführung abgegangen; es wurde Druckluftgründung mittels Senkkasten aus Eisenbeton gewählt.

Die Grundrißform der Senkkasten sind Rechtecke von 16,20 m Länge und 9,20 m Breite. Die Bewehrung der Seitenwände besteht aus Rundeisen; die Decke ist mit Altschienen bewehrt. Beim Betonieren der Senkkasten mußte der Zementgehalt und der Wasserzusatz je nach der Menge der Bewehrungseisen abgestuft werden, wobei von der Senkkastenschneide bis zu einer Höhe von 30 cm Gußbeton mit 450 kg, sodann bis 1,10 m Höhe stark plastischer Beton mit 400 kg und für den übrigen Teil der Seitenwände plastischer Beton mit 330 kg frühhochfesten Portlandzements auf 1 m³ unverarbeiteter Zuschläge verwendet wurde.

Für die Auflagerung der Senkkastenschneiden ergab sich der ungünstigste Belastungsfall nach Absenkung im Trockenen um 1,50 m (Senkkastenschneide in der Höhe des Mittelwassers). Da während der Absenkung täglich eine, bis 50 cm starke Betonschicht (entsprechend der jeweiligen Absenkung) aufgebracht wurde, mußte für die Festigkeitsberechnung und zur Ermittlung der Auflagerbedingungen mit einer vorspannungslosen Betonschicht von 1,50 m Höhe als Belastung des Senkkastens gerechnet werden.

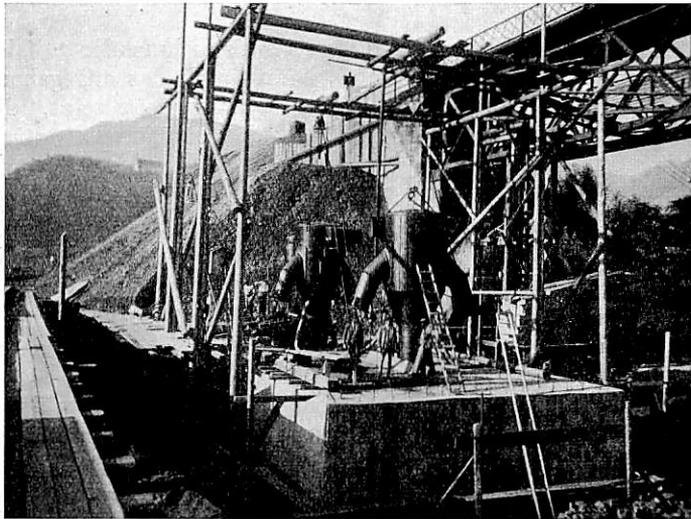


Abb. 1. Senkkasten auf der Seite gegen Leoben.

Bei weiterem Fortschreiten der Absenkung wird die Empfindlichkeit des Senkkastens gegen ungleichmäßige Lagerung kleiner, weil der Aufbeton durch die längere Erhärtungsdauer mitträgt, ferner die Wandung einen großen Teil der Last aufnimmt und der Auftrieb das Gewicht vermindert.

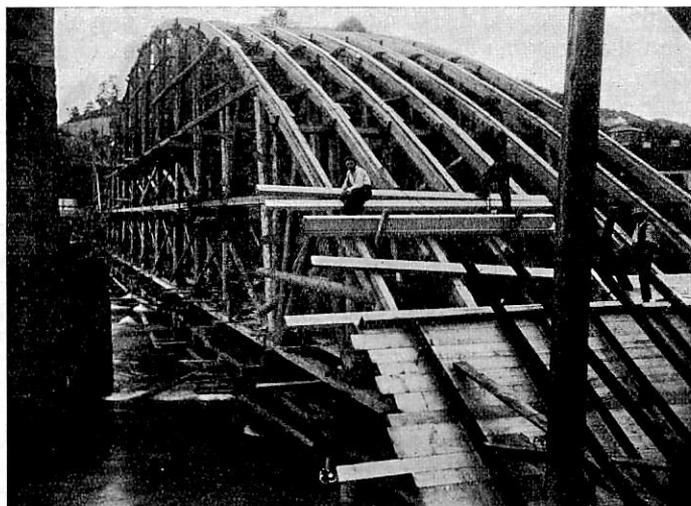


Abb. 2. Aufbau des Lehrgerüsts.

Beim Absenken der Senkkasten, deren Eigengewicht ohne die weiteren Aufbauten rund 700 t für jeden Senkkasten betrug, waren auch mit Rücksicht auf die im Baugrund vorhandenen großen Steine besondere Vorsichtsmaßnahmen geboten, damit die Senkkastenschneiden nicht zeitweilig auf Findlingen aufliegen.

Aus diesem Grunde wurden, um etwaige Beschädigungen der Schneiden und Seitenwände durch das Auftreten einzelner und daher bedeutender Auflagerkräfte unbedingt zu vermeiden, zuerst die Schneiden auf den Langseiten des Senkkastens an je drei, auf den Schmalseiten an je zwei Stellen 30 cm tief auf je 2 m Länge untergraben.

Sodann wurden die Gruben mit sandigen Bodenmassen aufgefüllt; diese wurden gestampft, die Senkkastenschneide wurde an diesen Stellen unterstopft. Hierauf konnte der übrige Teil der Schneiden freigelegt und untergraben werden, so zwar, daß die Schneiden nur mehr auf Sandpolstern aufruhten. Durch langsames Abgraben der Sandpolster wurde hierauf der Senkkasten gefahrlos jeweils um 20 bis 25 cm abgesenkt. Dadurch ergab sich der Vorteil, daß infolge des hohen Eigengewichtes die Senkkasten ohne wesentliche Erschütterungen einsanken.

In den oberen Bodenschichten, wo hauptsächlich sandig-lehmige Bodenmassen angetroffen wurden, betrug die Absenkung bei dreischichtigem Betriebe mit 20 Arbeitern im Senkkasten durchschnittlich 40 bis 50 cm in einem Tag. Diese Tagesleistung nahm jedoch wesentlich ab, als große Findlinge den Arbeitsfortschritt erschwerten. Größere Steine, die unterhalb der Senkkastenschneiden angetroffen wurden, mußten ausgegraben und in den Senkkasten hineingezogen, einige Steine, deren Rauminhalt nahezu 1 m³ betrug, durch Sprengung zerkleinert werden.

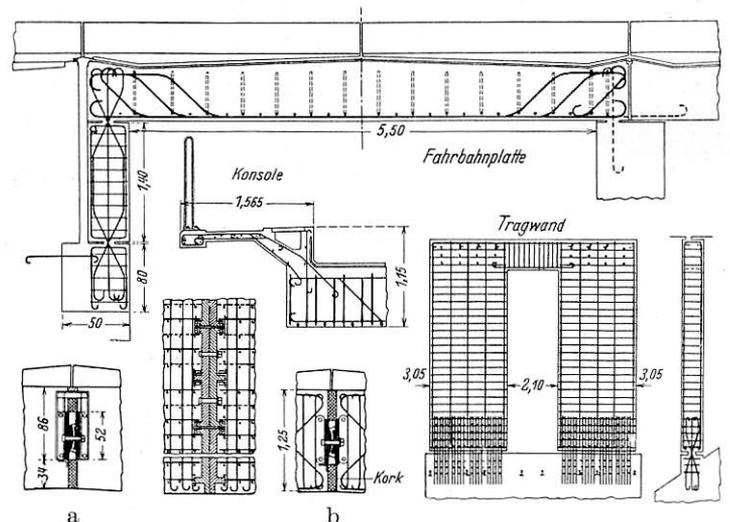


Abb. 3. Schnitte (Fahrbahnplatte im Endfeld, Konsole, Stahlgelenk, Zwischenpfeiler).

- a Stahlgelenk während der Betonierung der Auflagerquader.
b Stahlgelenk nach Fertigstellung des Betonbogens.

Während der Absenkung zeigten sich auf der Flußseite stärkere Lockerungen des Erdreiches, die durch seitlich ausströmende Druckluft verursacht wurden. Das Überwiegen des Erddruckes von der Ufer- gegen die Flußseite hatte sodann Verschiebungen der Senkkasten während der Absenkung zur Folge, die schließlich rund 30 cm für jeden Senkkasten betragen. Nach beendeter Absenkung ergab sich die Notwendigkeit, die Senkkastenschneiden dem unregelmäßigen Verlauf des Felsbodens entsprechend zu untermauern, sowie in Felsklüften vorgefundene Graphitmengen zu entfernen und durch Beton zu ersetzen. Sodann wurden die Senkkasten durch Beton ausgefüllt und die Widerlager aufgemauert.

Schon während der Gründung der Widerlager wurde mit dem Aufbau des Lehrgerüsts für den Bogen begonnen. Die Last des Betonbogens im Gewicht von rund 2800 t bedingte eine kräftige Ausbildung des Gerüsts, für dessen Herstellung 700 m³ Holz erforderlich waren. Um ungleiche Setzungen des Lehrgerüsts während der Herstellung des Bogens so weit als möglich zu vermeiden, wurde sektorenweise betoniert, und zwar bei gleichzeitiger Herstellung gleicher Betonkörper in jeder Bogenhälfte.

Der Betonbogen ist mit Altschienen bewehrt, die vor ihrer Verwendung ausgeglüht und der Krümmung entsprechend

gebogen wurden. Im stärksten Querschnitt sind je 18 Stück Altschienen oben und unten symmetrisch zur Bogenachse angeordnet. Die rechnermäßige Eisenfläche beträgt dabei 612 cm² oder 0,73% des Gesamtquerschnittes. Im Bereich des Bogenscheitels ruht die Fahrbahn unmittelbar auf dem durch Füllbeton ausgeglichenen Bogen; die übrigen Teile des Bogens sowie die an den Bogen beiderseits anschließenden Seitenöffnungen von je 2 × 5,50 m Lichtweite sind von frei auf-

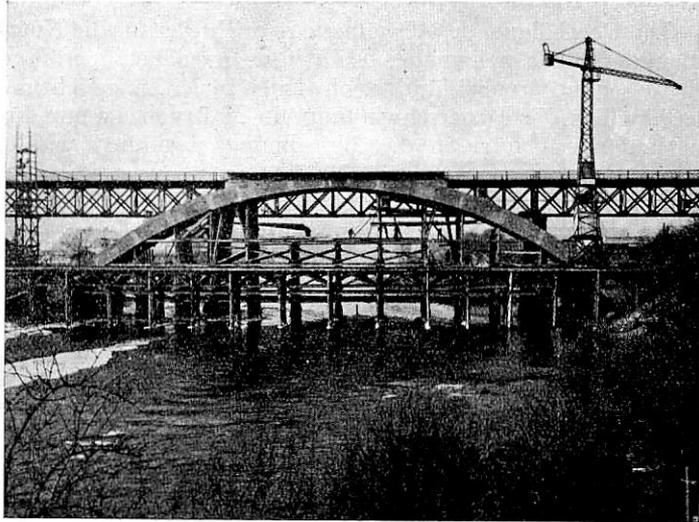


Abb. 4. Ausgeschalter Bogen.

liegenden Fahrbanträgern (Eisenbetonplatten) überbrückt, die untereinander verankert sind und auf pendelnden Quermauern ruhen, so zwar, daß die Bremskräfte von Platte zu Platte und schließlich auf den Bogenscheitel übertragen werden. Die Querwände sind mit Federgelenken (gekreuzten Rundeseisen) an den Bogen oder an die Widerlager angeschlossen.

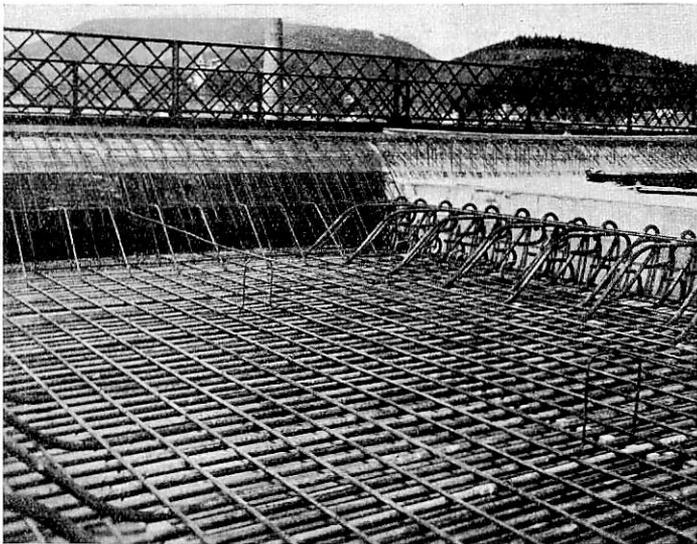


Abb. 5. Bewehrung der Fahrbanplatten.

Aus Schönheitsgründen nehmen die Entfernungen der Querwände gegen den Bogenscheitel zu ab (Stützweiten von 6,00 bis 4,80 m). Um zu vermeiden, daß die beiderseits der Fahrbahn liegenden, verhältnismäßig schwachen Gehwegkonsolen an dem Kräftefeld der Fahrbanplatten voll und ganz teilnehmen, wurden die Konsolen in der Mitte der Öffnungen unterteilt. In die Fugen wurden Asbestplatten eingelegt.

Die Gelenke bestehen aus Gußstahl. Die einzelnen Lagerkörper (zylindrische Tangentiallager) sind in der Längs-

richtung durch Bolzen und Schrauben miteinander verbunden; außerdem ist in der Mitte der Lagerkörper je eine Verschraubung der gegenüberliegenden Lagerteile vorgesehen, jedoch derart, daß hierdurch das freie Spiel der Gelenke nicht beeinträchtigt wird.

Um Verdrehungen der Gelenke während der Betonierung der Auflagerquadern zu vermeiden, waren die Lagerkörper während der Herstellung der Quader durch Winkeleisen starr

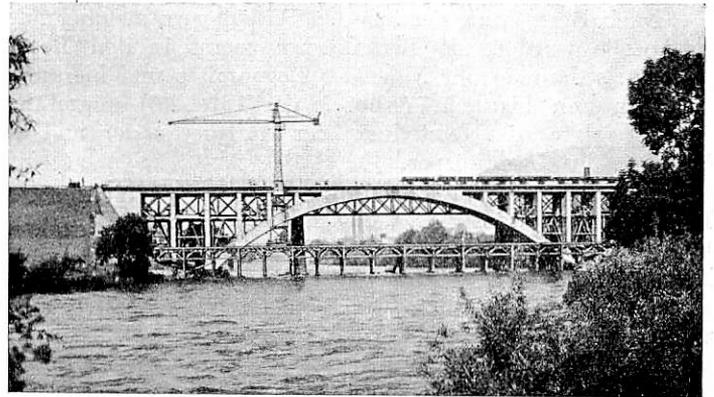


Abb. 6. Abschlußarbeiten.

miteinander verbunden. Nach Erhärtung des Betons wurden die Winkeleisen durchgeschnitten, die Zwischenräume mit Korkstein ausgefüllt und nach oben zu mit einer Rinne aus Kupferblech samt Schleifblechen überdeckt.

Als zulässige Grenze für die Druckbeanspruchung des Betons im Bogen wurden 70 cm/kg² festgesetzt, das ist ungefähr 22% der bei dem gegebenen Mischungsverhältnis (350 kg Zement auf 1 m³ unverarbeiteter Zuschläge) unter Verwendung frühhochfesten Portlandzements tatsächlich erreichten Druckfestigkeit nach einer Erhärtungsdauer von 28 Tagen. Entsprechende Zuschlagstoffe aus Urgesteinarten konnten aus

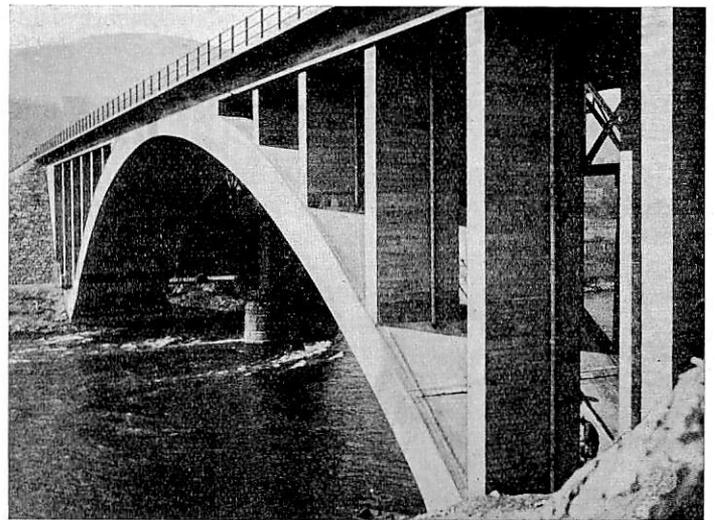


Abb. 7. Fertige Brücke.

einer ungefähr 2 km flußaufwärts der Baustelle gelegenen Schottergrube entnommen werden, in der sich ein zur unmittelbaren Verwendung geeignetes Naturgemenge vorfand. Zur Überprüfung des Naturgemenges und zur Ermittlung des für den Beton erforderlichen Wasserzusatzes wurde während der Bauzeit täglich das Mischungsverhältnis zwischen Sand und Schotter durch Siebproben mehrere Male bestimmt, desgleichen der Feuchtigkeitsgehalt des Sandes mittels der Bendelschen Meßflasche.

Die zulässige Spannungsgrenze mit 70 kg/cm² Druck

wird im Abstand von 14 m vom Widerlager bei Belastung durch den „N“-Zug (drei gekuppelte Tenderlokomotiven mit je sieben voneinander 1,5 m entfernten Achsen mit 25 t Achsdruck) erreicht, und zwar für die Randspannung ohne Berücksichtigung der Mitwirkung der Betonzugzone.

Der größte Horizontalschub beträgt 3944, der größte Auflagerdruck 3020 t und die maximale Bodenpressung 14 kg/cm^2 (Widerlager gegen Leoben bei einem Einfallswinkel $\varphi = 0,3$).

Nach Herstellung der aus den Widerlagern auskragenden Bogenteile wurden die Betonkörper zuerst in den Bogenvierteln, sodann in der Nähe der Bogenmitte und hierauf in den Sektoren bis acht (Abb. 3 der Tafel 25) ausgeführt. Sodann folgte die Herstellung der Auflagerquader und das Verlegen der Lagerkörper.

Erst jetzt wurden die Schienen für die Armierung des Bogens an den Stoßstellen verlascht und mit Stahldornen verbunden. Dieser Vorgang hat den Vorteil, daß bei etwaigen Formänderungen des Lehrgerüsts keine wesentlichen Spannungen in der Bogenbewehrung auftreten können. Sodann wurde das Gewölbe durch Fertigstellung der übrigen Bogenteile geschlossen.

Das Absenken des Lehrgerüsts wurde durch seitliches Ausschneiden der im Gerüste eingebauten Zufferbügel durchgeführt.

Die aus den Knotenlasten und den zugehörigen Ordinaten der Einflußlinie für das Eigengewicht des Bogens (Zustand bei Entfernung des Lehrgerüsts) errechnete lotrechte Durchbiegung des Scheitels beträgt 10,7, für das gesamte Eigengewicht 7,5 mm; die für die ständige Last und Nutzlast („N“-Zug samt Belastung der Gehwegkonsolen) ermittelten Grenzwerte der Gesamtdurchbiegung betragen + 36 und — 6,9 mm.

Infolge der Nutzlast ergibt sich eine größte Horizontalverschiebung im Bogenscheitel mit 11,8 mm.

Der Betonbogen wurde Ende November vorigen Jahres fertiggestellt.

Bei den Mauerwerksarbeiten für die Herstellung des Gewölbes zeigten sich trotz des bedeutenden Eigengewichtes keine wesentlichen Setzungen des Lehrgerüsts; die größte

Setzung ergab sich im Bereiche des Bogenscheitels mit rund 50 mm.

Während und unmittelbar nach der Ausschaltung (11. Januar 1935) konnten Senkungen des Bogenscheitels von 12 bis 18 mm beobachtet werden; nach Ablauf zweier Monate betrug die Senkung rund 30 mm.

Diese Ergebnisse können angesichts der elastischen Verschiebungen der Widerlager und auf das Schwinden des Betons als befriedigend bezeichnet werden.

Die Überhöhung des Gewölbes entspricht der für die Nutzlast und für das Schwinden des Betons errechneten größten Scheitelsenkung, wobei für das Schwinden in der Längsrichtung einschließlich der Dauerschwindung ein Maß von 1,4 mm für den laufenden Meter in die Berechnung eingeführt wurde.

Die im Mai 1934 begonnenen Bauarbeiten wurden nach Gründung der Widerlager und Fertigstellung des Betonbogens Ende November vorigen Jahres unterbrochen, sodann nach einer Arbeitspause während der Wintermonate im April 1935 wieder in Angriff genommen und Anfang Juni d. J. beendet. Die Fahrbahn erhielt eine Bleiabdeckung aus 0,3 mm starken Bleifolien, die an den Rändern miteinander verlötet sind; für die Entwässerung sind Abfallrohre aus Eternit vorgesehen.

Der Brückenbau wurde von den Grazer Bauunternehmungen Eduard Ast & Co. sowie Mayreder, Keil, List & Co. ausgeführt.

Gleichzeitig mit der Ausführung des Brückenbaues mußte eine, den neuen Gleisanlagen entsprechende Verbreiterung der an die Brücke anschließenden Dammkörper vorgenommen werden, für welche Herstellungen Schüttungen im Ausmaße von 40000 m^3 notwendig waren. Die neuen Dammböschungen sind mit Steinkegeln an die Rückenmauern der Widerlager angeschlossen.

Nach Fertigstellung der Oberbauarbeiten wurde die Brücke am 11. Juli 1935 dem Verkehr übergeben; sodann wurde mit der Abtragung des eisernen Tragwerks samt Flußpfeilern begonnen.

Das neue Bauwerk mit seiner gefälligen Bogenform fügt sich in günstiger Weise in den Rahmen der Landschaft ein.

Hebung der Straßenbrücke über den Rangierbahnhof in Nürnberg.

Von Ingenieur Wieland, MAN.

Grund der Hebung. Im Zusammenhang mit der Elektrisierung der Strecke Augsburg—Nürnberg mußte die über den Rangierbahnhof führende Katzwanger Brücke gehoben werden, um für die Fahrdrähtleitungen den nötigen Platz zu bekommen. Da diese Brücke eine wichtige Verbindung zwischen den südlich des Rangierbahnhofs liegenden Stadtteilen und der Stadt selbst darstellt, war es nötig, die Arbeit in kürzester Zeit durchzuführen.

Die Reichsbahndirektion Nürnberg stellte daher in ihrer Ausschreibung die Bedingung, daß der Fußgängerverkehr überhaupt nicht und der Fahrverkehr nur auf kurze Zeit unterbrochen werden dürfe, außerdem sollte der Rangierverkehr nicht beeinträchtigt werden. Die Hebung um 66 cm sollte im ganzen so durchgeführt werden, daß die vorhandene Betondecke nicht beschädigt würde.

Konstruktion der Brücke. Die Brücke hat eine Länge von 131 m und besteht aus neun Öffnungen von $10,50 + 3 \times 15,00 + 20,00 + 3 \times 15,00 + 10,50 \text{ m}$; sie hat eine Fahrbahnbreite von 6,00 m mit beiderseitigen Fußwegen von je 1,50 m. Der eiserne Überbau besteht aus neun durchlaufenden genieteten Blechträgern, die miteinander durch übertragende Querverspannungen verbunden und mit kassettiertem Beton gegenseitig ausgesteift sind. Die Fahrbahndecke ist mit Granitwürfeln gepflastert. Der gesamte Überbau hat ein Gewicht von rund 2500 t und wird durch acht eiserne Pendel-

joch mit je sieben Stützen und zwei Widerlagern getragen. Die Stützen stehen auf erhöhten Betonsokkeln. Das Lichtprofil hatte eine Höhe von 4,80 m (Abb. 1).

Vorbereitung. Die Hebung wurde der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A. G., Werk Nürnberg übertragen, die zunächst die Planung der Arbeit durchführte. Es hätte zunächst nahegelegen, seitwärts von den Pendeljochen Holzgerüste aufzustellen und durch Aufsetzen von hydraulischen Hebeböcken die Brücke zu heben, wie es für die Widerlager tatsächlich durchgeführt wurde (siehe Abb. 4). Diese Hebeweise für alle Auflager hätte erhebliche Kosten verursacht und außerdem hätte dabei die Durchführung des Rangierverkehrs infolge Sperrung mehrerer Gleise erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Es wurde daher ein anderer Weg vorgeschlagen und durchgeführt. Hierbei wurde der Überbau samt den Stützen mittels Hebgeschirren gehoben, die sich unmittelbar auf die Betonsokkel abstützen. Das Gesamtgewicht von 2500 t sollte durch 50 Hebgeschirre von je 50 bis 80 t Tragfähigkeit aufgenommen werden. Die Hebgeschirre wurden entsprechend den ermittelten Stützdrücken verteilt. Für jedes Pendeljoch wurden fünf Hebgeschirre angeordnet, die miteinander durch Rohrleitung gekuppelt waren und von einer hydraulischen Pumpe aus gespeist wurden.

Der Druck der Hebgeschirre wurde von zwei übereinanderliegenden $\square 30$ aufgenommen, die auf jeder Seite der Pendel-

Joche als Hubträger angebracht wurden und die Hubkraft auf die Stützen übertragen (Abb. 2).

Um eine Längsverschiebung zu verhindern, wurden an jedem Joch hölzerne Kopfbänder (Biegen) angebracht, die durch Zangen mit den Pendeljochen verkämmt wurden. Durch diese Anordnung wurden steife Rahmenecken erzielt (Abb. 3).

Außerdem wurden zur Sicherung gegen eine Längsverschiebung zwischen Brücke und Widerlagerkammermauern

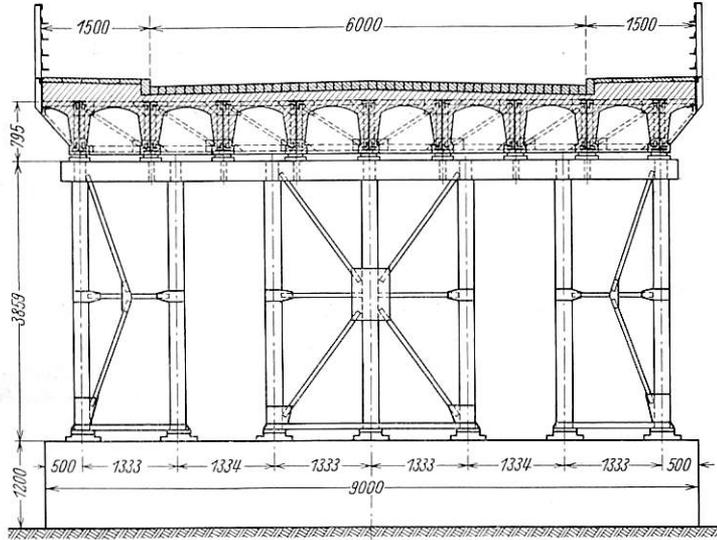


Abb. 1. Querschnitt der Brücke vor der Hebung.

Holzpufer eingebaut. Diese sorgten dafür, daß sich bei kleinen Verschiebungen die Brückenenden ohne Hindernis aufwärts bewegen konnten. An den beiden Widerlagern wurden wie bereits oben erwähnt, Holzgerüste eingebaut, auf welche

Auf beiden Seiten der Joche und Widerlager waren Maßstäbe angebracht, die die erfolgte Hebung an jedem Punkt feststellen ließen. Jede Pumpe wurde von zwei Mann bedient; an jedem Hebgeschirr war ein Mann damit beauftragt, die Stellringe nachzuziehen und die Stapelung vorzunehmen.

Die Rohrleitungen von den Pumpen zu den Hebgeschirren waren mit Absperrhahnen versehen, damit das Voreilen eines Hebgeschirres vermieden werden konnte. Das Arbeitskom-

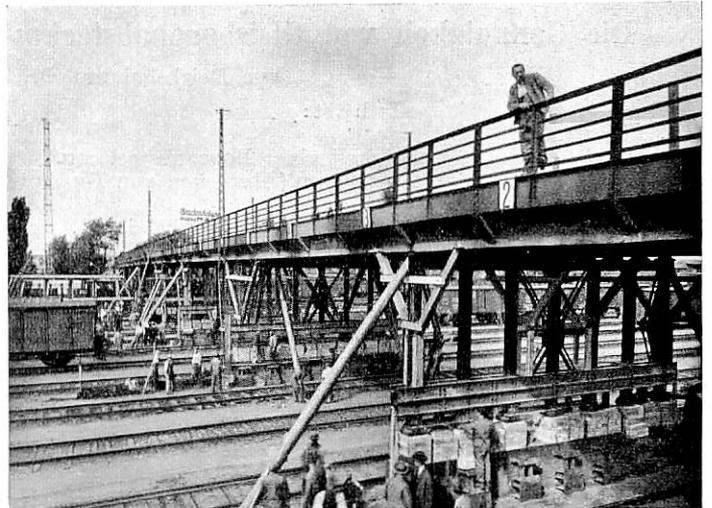


Abb. 3. Übersicht der Brücke in gehobenem Zustand kurz vor der Endstellung.

mando wurde von einem neben der Brücke stehenden Leuchtturm aus gegeben. Sobald hier eine weiße Fahne aufgesteckt wurde, war an jedem Joch ebenfalls eine weiße Fahne aufzustellen und mit dem Heben zu beginnen.

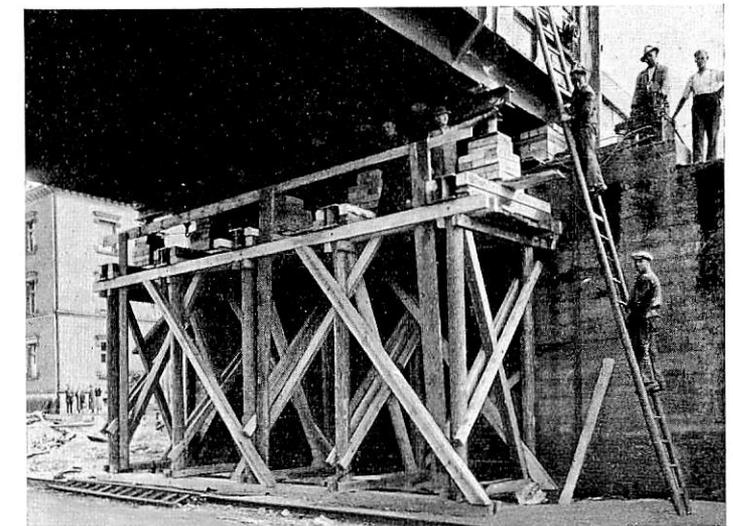


Abb. 4. Hubgerüst am Widerlager.

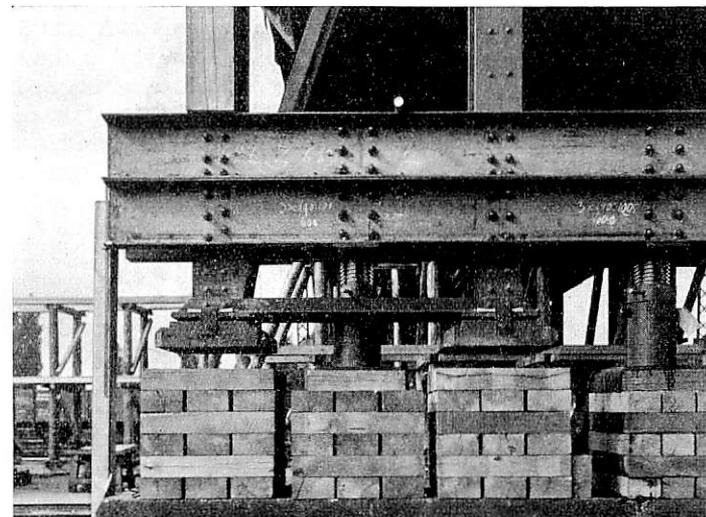


Abb. 2. Anordnung der Hubträger und Hebgeschirre. Die Brücke ist bereits 66 cm gehoben.

die Hebgeschirre gesetzt wurden. Hier wurde zwischen Hebgeschirr und Fahrbahndecke außerdem ein P-Träger eingebaut, um gleichmäßige Druckverteilung zu erzielen. Die Stapelung für das Umsetzen der Hebgeschirre erfolgte auf den Widerlagern (Abb. 4).

Schließlich wurden noch zur Aufnahme von seitlichen Schüben oder Winddruck an jedem zweiten Joch beiderseitig Holzstreben angebracht, die auf Schubtrüben standen und während der Hebung nachzukeilen waren.

Durchführung der Hebung. Die Hebung wurde unter Beachtung aller erdenklichen Vorsichtsmaßregeln ausgeführt.

Nach 20 mm Hub waren die weißen Fahnen wieder umzulegen und die Hebung auszusetzen. Für Störungsfälle war eine grüne Fahne vorgesehen, bei deren Erscheinen die Arbeit überall einzustellen war.

Nach je 100 mm Hub waren die Hebgeschirre umzusetzen, wobei zur Stapelung Hartholzklötze verwendet wurden. Nach sechsmaligem Umsetzen war die Höhe von 66 cm erreicht. Eine Verschiebung in der Längs- und Querrichtung war nicht festzustellen.

Die Hebung selbst wurde in der Zeit von 10 Std. ohne jede Störung durchgeführt, obwohl unter der Brücke ein dichter Bahnverkehr herrschte. Der Straßenbahn- und Wagen-

verkehr wurde nur ganz kurze Zeit, und zwar für die Dauer der Hebung selbst unterbrochen. Man hatte bereits vor Beginn der Hebungsarbeiten die Zufahrtsrampen auf beiden Seiten der Brücke in der halben Fahrbahnbreite um das Hubmaß hochgeführt. Unmittelbar nach der Hebung wurden unter den Längsträgern in den Widerlagern und unter den Jochpfosten in den Pendeljochen Peiner-Trägerroste untergebaut, die den Druck auf das alte Betonmauerwerk leiteten. Dann

konnte man sofort den Fahrbetrieb über die Brücke wieder aufnehmen.

Die Peiner-Rostträger wurden mit Beton ummantelt und so den bestehenden Pfeilersockeln angepaßt. Eines der Mitteljoche wurde später noch als fester Betonpfeiler ausgebildet, um die Längskräfte der gesamten Brücke aufnehmen zu können. Die Hubträger wurden nach durchgeführter Hebung abmontiert und die Bolzenlöcher in den Pfosten durch Niete geschlossen.

Die Genauigkeit von Gleisbogenabsteckungen und die verschiedenen Absteckverfahren.

Von Reichsbahnrat Dr. Ing. Gerhard Schramm, Berlin.

Inhalt:

1. Einleitung.
2. Der Begriff der Genauigkeit einer Bogenabsteckung.
3. Das trigonometrische Verfahren (Abstecken von Tangenten oder Sehnen aus).
4. Das Winkelbildverfahren (Nalenz-Höfer-Verfahren).
5. Das Verfahren mit dem Verschiebungsplan (nach Szmodits).
6. Schlußfolgerung.

1. Einleitung.

Zum Abstecken von Gleisbogen stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Bei ihrer Beurteilung sind die folgenden Eigenschaften ausschlaggebend: die Genauigkeit, die Einfachheit und Übersichtlichkeit des Arbeitsganges und der Arbeitsaufwand, d. h. die Wirtschaftlichkeit.

Ausreichende Genauigkeit ist die Vorbedingung für die Verwendbarkeit eines Verfahrens. Darüber hinausgehend wird man demjenigen Verfahren den Vorzug geben, das hinsichtlich der übrigen Eigenschaften überlegen ist. Da über den Begriff der Genauigkeit einer Bogenabsteckung vielfach Unklarheit besteht, werden wir ihn im folgenden unter Nr. 1 zunächst eindeutig festlegen. Dann werden unter Nr. 3 bis 5 die einzelnen Absteckverfahren und ihre Eigenschaften besprochen und miteinander verglichen; und unter Nr. 6 wird die Schlußfolgerung für die praktische Anwendung gezogen.

2. Der Begriff der Genauigkeit einer Bogenabsteckung.

Wir stellen die folgenden Fragen:

- a) Wann ist die eine von zwei Bogenabsteckungen genauer als die andere?
- b) Wann ist eine Gleisbogenabsteckung als genügend genau anzusehen?

Um diese Fragen beantworten zu können, muß man sich zunächst über die Aufgabe klar werden, die ein Gleisbogen zu erfüllen hat. Der Gleisbogen soll eine Richtungsänderung, d. h. eine Drehung der Fahrzeuge bewirken. Die Drehgeschwindigkeit, die das Fahrzeug an irgend einer Stelle des Bogens erfährt, hängt aber außer von der Fahrgeschwindigkeit lediglich ab von der Bogenkrümmung $\frac{1}{\rho}$ an dieser Stelle.

Wenn also die Drehgeschwindigkeit in einer bestimmten Weise verlaufen soll, so ist dazu notwendig und ausreichend, daß die Krümmung $\frac{1}{\rho}$ entsprechend verläuft. Soll z. B. die Drehgeschwindigkeit des Fahrzeugs bei der Fahrt durch den Bogen unveränderlich sein, so benötigt man dazu einen Bogen mit gleicher Krümmung an allen Punkten:

$$\frac{1}{\rho} = \text{konstant} \dots \dots \dots 1)$$

Der Bogen mit mathematisch genau gleicher Krümmung an allen Punkten ist aber der Kreisbogen. Daher steckte man ursprünglich den Bogen mit unveränderlicher Krümmung als Kreisbogen ab, und zwar in der Regel von den Endtangenten aus unter Benutzung der Kreisordinaten:

$$y = H - \sqrt{H^2 - x^2} \dots \dots \dots 2)$$

(y = Ordinaten, H = Kreishalbmesser, x = Abszissen).

Theoretisch-mathematisch ist es demnach gleich, ob man verlangt:

1. Der Bogen soll ein Bogen mit unveränderlicher Krümmung entsprechend Gl. 1) sein, oder
2. der Bogen soll ein Kreisbogen mit Ordinaten entsprechend Gl. 2) sein.

Bei der Prüfung einer vorliegenden Absteckung ist es jedoch ein grundsätzlicher Unterschied, ob man die Forderung 1 oder 2 zur Richtschnur nimmt für die Beurteilung der Genauigkeit. Jede Bogenabsteckung stellt nämlich stets nur eine mehr oder weniger gute Annäherung an den gedachten idealen Zustand dar. Infolgedessen ist es durchaus möglich, daß sie der einen von den beiden Forderungen 1 und 2 zwar gut entspricht, der anderen dagegen schlecht. Es entsteht daher die Frage: Welche Forderung ist als Maßstab für die Beurteilung der Genauigkeit einer Absteckung zugrunde zu legen im Hinblick auf die Aufgabe des Gleisbogens? Dies sei an einem Beispiel klar gemacht:

Man stelle sich einen mathematisch genauen Kreisbogen K mit dem Halbmesser H = 1000 m vor, der die beiden Endtangenten in den Punkten A und B berührt. Dazu denke man sich eine Kreisbogenabsteckung K₁ für den gleichen Halbmesser H und die gleichen Berührungspunkte A und B. Die Festpunktabstände seien a = 20 m. Die Punkte dieser Absteckung K₁ mögen nun von dem gedachten Kreisbogen K bis zu ± 2 cm seitlich abweichen, so daß ungünstigenfalls die Pfeilhöhen für je drei benachbarte Absteckungspunkte bis zu ± 4 cm von der Pfeilhöhe h des gedachten Kreisbogens K abweichen. Diese Pfeilhöhe h, d. h. die Soll-Pfeilhöhe unserer Absteckung ist

$$h = \frac{a^2}{2 \cdot H} = \frac{20^2}{2 \cdot 1000} = 0,200 \text{ m} = 20,0 \text{ cm.}$$

Die Pfeilhöhen der Absteckung K₁ schwanken dagegen zwischen 20 + 4 = 24,0 cm und 20 - 4 = 16,0 cm, d. h. um ± 20% der Soll-Pfeilhöhe h. Dementsprechend wird auch die Krümmung des künftigen Bogens K₁ bis zu ± 20% von der Kreiskrümmung $\frac{1}{H}$ abweichen. Nun denken wir uns eine zweite

Kreisbogenabsteckung K₂ für den gleichen Halbmesser H und die gleichen Berührungspunkte A und B und Festpunktabstände a = 20 m. Die Pfeilhöhen für je drei benachbarte Punkte mögen bei dieser Absteckung aber nur bis zu ± 0,5 cm von der Kreispfeilhöhe h abweichen. Die Pfeilhöhen der Absteckungspunkte schwanken demnach nur zwischen 20,5 und 19,5 cm; das ist eine Abweichung von der Soll-Pfeilhöhe h und der Soll-Krümmung $\frac{1}{H}$ von nur ± 2,5%. Wenn es sich

um einen längeren Bogen handelt, so ist dabei durchaus möglich, daß die Punkte der Absteckung K₂ von den Punkten des gedachten Bogens K erheblich seitlich abweichen; nehmen wir z. B. an bis zu 50 cm. Die Ordinaten y der Punkte des Bogens K₂ mögen sich also von den Ordinaten y des gedachten Kreisbogens K [Gl. 2)] bis zu 50 cm unterscheiden.

Die beiden Absteckungen haben demnach die folgenden Kennzeichen:

Absteckung K_1 : Größte Pfeilhöhenfehler (Krümmungsfehler) 4 cm (= 20%); größte seitliche Abweichung vom Soll-Kreisbogen K 2 cm.

Absteckung K_2 : Größte Pfeilhöhenfehler (Krümmungsfehler) 0,5 cm (= 2,5%); größte seitliche Abweichung vom Soll-Kreisbogen K 50 cm.

Wir fragen nun:

1. Welche Absteckung ist als genauer anzusprechen, die Absteckung K_1 oder K_2 ?

2. Ist die Absteckung K_2 genügend genau?

Zu 1: Da bei der Absteckung K_1 die Pfeilhöhen zwischen 24 cm und 16 cm schwanken, stellt sie statt des gewünschten Kreisbogens mit $H = 1000$ m einen Bogen dar, dessen Krümmungshalbmesser zwischen 835 m und 1250 m schwanken. Bei der Absteckung K_2 dagegen liegen die Pfeilhöhen zwischen 20,5 cm und 19,5 cm. Die Absteckung K_2 stellt somit einen Bogen dar, dessen Krümmungshalbmesser nur zwischen 976 m und 1026 m schwanken. Da für die Güte eines Gleisbogens aber allein der Krümmungsverlauf maßgebend sein kann, so besteht kein Zweifel darüber, daß die Absteckung K_2 als die genauere zu bezeichnen ist, obwohl sie ungenauer zu sein scheint, wenn man an sie den Maßstab der Gl. 2) legt. Die Größe von Ordinaten y , bezogen auf irgendwelche Tangenten, ist eben für die Beurteilung der Genauigkeit eines Gleisbogens und damit auch einer Gleisbogenabsteckung nicht nur nebensächlich, sondern überhaupt völlig gleichgültig. Im vorliegenden Falle kann man sagen, daß die Absteckung K_2 achtmal so genau ist wie die Absteckung K_1 .

Zu 2: Die Absteckung K_2 weist größte Pfeilhöhenfehler von $\pm 0,5$ cm auf bei Festpunktabständen von 20 m. Auf Grund praktischer Erfahrungen und theoretischer Untersuchungen*) kann man eine Absteckung als genügend genau ansehen, wenn bei 20 m Festpunktabstand die Pfeilhöhenfehler nicht größer als etwa 1 cm sind. Demnach ist die Absteckung K_2 als sehr genau und allen Anforderungen entsprechend zu bezeichnen.

Die Absteckung K_1 dagegen mit Pfeilhöhenfehlern von ± 4 cm wäre als ungenau und unbrauchbar zurückzuweisen.

Wenn man bei Gleisabsteckungen von einem „Kreisbogen“ spricht, so ist darunter ein geometrisches Gebilde zu verstehen, das in erster Linie möglichst der Bedingung Gl. 1) entsprechen soll, nicht aber der Gl. 2). Nur in diesem Sinne hat es Zweck, von der Genauigkeit einer Bogenabsteckung zu reden. Bogenabsteckungen können infolgedessen nur dadurch geprüft werden, daß man an je drei benachbarten Festpunkten die Pfeilhöhen oder die Vieleckwinkel mißt, nie aber dadurch, daß man die Ordinaten, bezogen auf irgendwelche Tangenten, bestimmt.

Das Gleiche gilt für die Übergangsbogen. Der geradlinig ansteigenden Überhöhungsrampe entspricht der Übergangsbogen mit geradlinig anwachsender Krümmung:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{l \cdot H} \cdot x \dots \dots \dots 3),$$

das ist „Klothoide“ (Radioide). Da die Absteckung der Klothoide von der Anfangstangente aus umständlich ist, hat man sich stets mit Näherungen begnügt. Als solche ist besonders die kubische Parabel

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot l \cdot H} \dots \dots \dots 4)$$

benutzt worden. Dadurch ist im Laufe der Jahrzehnte eine

*) Vergl. Leisner: „Die Geometrie des Gleisbogens für hohe Geschwindigkeiten“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 5.

gewisse Begriffsverwirrung eingetreten, insofern, als jetzt vielfach die Begriffe „Übergangsbogen“ und „kubische Parabel“ gleichgesetzt werden. In Wirklichkeit ist die kubische Parabel nie etwas anderes gewesen als ein Notbehelf und eine mehr oder weniger gute Annäherung an die gewünschte Klothoide. Es kommt daher beim Übergangsbogen allein auf die geradlinig anwachsende Krümmung nach Gl. 3) an, nicht aber auf die Ordinaten nach Gl. 4). Entsprechendes gilt für den Übergangsbogen mit geschwungenem Krümmungsverlauf. Demzufolge können die Übergangsbogen — ebenso wie die Kreisbogen — nur dadurch geprüft werden, daß man an den Festpunkten die Pfeilhöhen oder die Winkel mißt.

Aus vorstehendem folgt nebenbei bemerkt auch, daß Bogenweichen von dem Bogenstück aus abgesteckt werden müssen, in dem sie verlegt werden sollen, nicht aber von irgendeiner gewissermaßen fremden Tangente aus. Dies gilt besonders für die Weichen in Übergangsbogen. Es ist abwegig und kann unter Umständen mangelhafte Absteckungen zur Folge haben, wenn man die Lage einer Übergangsbogenweiche auf die Übergangsbogenanfangstangente bezieht statt auf die Bogenpunkte, die der Weiche benachbart sind. Nicht Ordinaten machen den guten Bogen und damit die gute Absteckung, sondern allein der Krümmungsverlauf, d. h. die Pfeilhöhen!

Die am Anfang dieses Abschnittes gestellten Fragen sind nunmehr folgendermaßen zu beantworten:

a) Von zwei Bogenabsteckungen ist diejenige genauer, bei der die durchschnittlichen und die größten Pfeilhöhenfehler kleiner sind. Dabei ist unter Pfeilhöhenfehler die Abweichung der wirklichen Pfeilhöhe an je drei benachbarten Festpunkten von der Soll-Pfeilhöhe zu verstehen.

b) Eine Gleisbogenabsteckung kann stets dann als genügend genau gelten, wenn bei Festpunktabständen von etwa 20 m der größte vorkommende Pfeilhöhenfehler nicht größer ist als etwa 1 cm.

Nachdem nun der Begriff der Genauigkeit einer Gleisbogenabsteckung geklärt ist, können wir zu der Betrachtung der einzelnen Absteckverfahren übergehen.

3. Das trigonometrische Verfahren.

(Abstecken von Tangenten oder Sehnen aus.)

Wir können uns hier kurz fassen, denn dieses Verfahren wird abgesehen vom Bau neuer Bahnlinien in der Regel nur noch in Ausnahmefällen angewendet. Es war gut, solange man nichts Besseres hatte. Das Verfahren ist — besonders im Vergleich zu dem Winkelbildverfahren (Nalenz-Höfer-Verfahren) — äußerst schwerfällig, unwirtschaftlich und ungenau. Bei längeren Bogen sind zahlreiche Hilfspunkte erforderlich; man muß oft von langen Tangenten aus große Ordinaten abtragen, wobei man häufig auf Punkte angewiesen ist, die außerhalb des Bahnkörpers liegen. Dabei treten so viele Fehlerquellen auf, daß man erfahrungsgemäß bei der Absteckung mit Pfeilhöhenfehlern von mehreren Zentimetern rechnen muß. Selbstverständlich kann man diese Fehler dadurch mildern, daß man an den abgesteckten Punkten die Pfeilhöhen mißt und sie entsprechend berichtigt. Für die Beurteilung der Genauigkeit eines Verfahrens ist aber nur diejenige Genauigkeit maßgebend, die beim ersten Abstecken auf Anhieb erzielt wird, nicht aber erst durch Berichtigung der ersten Absteckung. In dieser Hinsicht aber entspricht dieses alte Verfahren im allgemeinen nicht mehr den Anforderungen, die man jetzt an eine Bogenvermarkung stellt. Aus diesem Grunde, vor allem aber wegen seiner Unwirtschaftlichkeit, wird dieses Verfahren in der Regel nicht mehr angewendet.

4. Das Winkelbildverfahren. (Nalenz-Höfer-Verfahren.)

Bei diesem Verfahren wird der neue Bogen nicht von einzelnen Tangenten oder Sehnen aus abgesteckt, sondern von einer gekrümmten oder gebrochenen Standlinie, d. h. von einem gegebenen Gleisbogen oder einem gegebenen oder angenommenen Vieleckzuge aus. Dieses Verfahren ist etwas verschiedenartig gehandhabt worden. Wir verstehen hier unter dem „Winkelbildverfahren“ diejenige Arbeitsweise, die z. B. in der Mschr. int. Eisenbahn-Kongr.-Vereinig., Septemberheft 1934 beschrieben worden ist.

Welche Genauigkeit wird mit diesem Verfahren erzielt? Diese Frage ist durch Prüfung zahlloser ausgeführter Absteckungen einwandfrei geklärt: Bei sorgfältigem Arbeiten ergeben sich für je drei benachbarte Festpunkte mit etwa 20 m Abständen durchschnittliche Pfeilhöhenfehler von etwa 3 mm und größte Pfeilhöhenfehler von etwa 8 mm. Dabei sind aber auch Absteckungen nicht selten, bei denen der durchschnittliche Pfeilhöhenfehler nur 1 bis 2 mm beträgt und der größte Pfeilhöhenfehler kleiner als 5 mm ist. Diese Fehler kann man natürlich durch eine Berichtigung der ersten Absteckung weiter herunterdrücken; doch liegt dafür in den meisten Fällen gar kein Bedürfnis vor. Das Winkelbildverfahren ist also mehr als ausreichend genau und in dieser Hinsicht von keinem anderen Verfahren zu übertreffen. Es kann hiernach auch keine Rede davon sein, daß es für die Lage der Punkte des abzusteckenden Bogens „nur angenäherte Daten“ liefert.

In mathematischem Sinne ist es allerdings ein Näherungsverfahren, insofern als seiner Verwendbarkeit gewisse Grenzen gesetzt sind. Diese Grenzen sind bei den Bogenhalbmessern, die bei Eisenbahnen in Frage kommen, etwa die folgenden: Erstens müssen die Standlinie S und der abzusteckende Bogen B sich so weit einander anschmiegen, daß die Winkel δ , die S und B an beliebigen Punkten miteinander einschließen, nicht größer sind als etwa 6 bis 7 Grad; und zweitens dürfen die seitlichen Abstände e des Bogens B von der Standlinie S nicht größer werden als etwa 15 m. Diese beiden Bedingungen sind aber bei fast allen Eisenbahnabsteckungen mit verschwindend wenigen Ausnahmen erfüllt. Und in diesen Ausnahmefällen kann man sie leicht dadurch erfüllen, daß man einen Vieleckzug als Standlinie wählt, der sich dem künftigen Bogen genügend anpaßt. Die Größe des Bogenmittelpunkt-winkels ist bei dem Verfahren ganz gleichgültig. Bogenabsteckungen mit Mittelpunktswinkeln von 360° (vollständige Schleifen) werden ebenso genau wie Bogen mit kleinen Mittelpunktswinkeln. Da aber innerhalb der angegebenen Grenzen, wie wir gesehen haben, das Verfahren überaus genau ist, kann in der Praxis von einem „Näherungsverfahren“ nicht gesprochen werden.

Die sonstigen Vorzüge des Verfahrens sind bekannt. Sie liegen vor allem in der sehr einfachen und raschen Arbeitsweise und vor allem in der großen Anschaulichkeit. Durch die Winkelbilddarstellung sowohl der Standlinie S als auch des abzusteckenden Bogens B ist man in der Lage, von vornherein zu beurteilen, was für Halbmesser, Übergangsbogenlängen usw. in einem gegebenen Falle möglich sind und in Frage kommen und wie sich eine Änderung der Halbmesser usw. auswirkt. Und zwar gewinnt man darüber bereits ein Bild, bevor man die seitlichen Verschiebungen durch das Zeichnen der Summenlinie ermittelt.

Selbstverständlich ist hier nur von sachgemäßer Anwendung des Verfahrens die Rede. Wer das Verfahren nicht beherrscht, wird natürlich zu keinem einwandfreien Ergebnis kommen, ebensowenig wie z. B. die beste Logarithmentafel etwas nützt wenn man mit ihr nicht umzugehen versteht.

5. Das Verfahren mit dem Verschiebungsplan (nach Szmodits).

Kürzlich ist die Fachwelt durch ein neues Verfahren überrascht worden, dessen Ausarbeitung als eine hervorragende wissenschaftliche Leistung bezeichnet werden kann: das Verfahren mit dem Verschiebungsplan*). Der Arbeitsgang bei diesem Verfahren ist folgender: Als Standlinie dient ein gegebener oder angenommener Vieleckzug, dessen Seitenlängen p und Winkel ε bestimmt werden. Man nimmt zunächst für den abzusteckenden Bogen einen gewissen Halbmesser H an und berechnet aus den Größen p , ε und H nach bestimmten Gleichungen gewisse Längen d . Diese werden zu einem Vieleckzuge zusammengesetzt. Die Abstände der Punkte dieses Vieleckzuges von einem gewissen Pol stellen dann die Abstände des Bogens von der Standlinie nach Größe und Richtung dar. Die Abstände ergeben sich also durch einen Verschiebungsplan, der große Ähnlichkeit aufweist mit dem Williot'schen Verschiebungsplan, der in der Statik verwendet wird zur Ermittlung der Knotenpunktverschiebungen von Fachwerken aus den Längenänderungen der Stäbe. An die Stelle der zeichnerischen Ermittlung durch den Verschiebungsplan kann auch die rein analytische Berechnung der Abstände treten.

Das Verfahren ist im mathematischen Sinne genau, also kein Näherungsverfahren. Man ist daher nicht an die in Abschnitt 4 angegebenen Grenzen gebunden, die für das Winkelbildverfahren gelten. Dies ist ohne Zweifel ein Vorteil, allerdings nur ein theoretischer, denn wir haben gesehen, daß in fast allen tatsächlich vorkommenden Fällen die Grenzbedingungen beim Winkelbildverfahren von vornherein erfüllt sind, oder daß man sie in Ausnahmefällen leicht erfüllen kann.

Wenn man bei dem neuen Verfahren den Verschiebungsplan in dem gleichen Maßstabe zeichnet, den man beim Winkelbildverfahren für die Ordinaten der Summenlinie benutzt, so dürften die beiden Verfahren hinsichtlich der praktischen Genauigkeit einander gleichwertig sein. Allerdings wird man so große Breitenmaßstäbe, wie sie beim Winkelbildverfahren üblich sind (1:5 und 1:10), für den Verschiebungsplan oft nicht anwenden können; denn die Verschiebungen des Verschiebungsplans stellen nicht nur Querverschiebungen dar, sondern sie enthalten auch Längsverschiebungs-Komponenten. Diese Längenmaße können aber leicht 10 m und mehr betragen, und man ist dann genötigt, für den Verschiebungsplan einen entsprechend kleinen Maßstab zu wählen. Will man dies aber vermeiden, so muß man entweder die Verschiebungen rein rechnerisch ermitteln, oder man muß von vornherein die Standlinie dem künftigen Bogen weitgehend anschmiegen. Dadurch wird der Arbeitsaufwand jedoch wesentlich vergrößert.

Wenn man das Verfahren mit dem Verschiebungsplan hinsichtlich der Einfachheit und Übersichtlichkeit des Arbeitsganges und des Arbeitsaufwandes mit dem Winkelbildverfahren vergleicht, so kann dieser Vergleich nur zugunsten des Winkelbildverfahrens ausfallen. Im folgenden werden die wichtigsten Vorzüge des Winkelbildverfahrens angeführt:

1. Die Arbeit beim Aufnehmen der Standlinie ist sehr gering. In dem Arbeitsgang des Verfahrens ist überhaupt keine Rechenarbeit erforderlich, abgesehen vom Zusammenzählen der Pfeilhöhen, das man gegebenenfalls bequem mit einer Rechenmaschine erledigen kann. Bei dem Verfahren mit dem Verschiebungsplan kann man zwar auch das Rechnen mit Winkelfunktionen vermeiden, wenn die Seiten des Vieleckzuges genügend klein sind. Dann ist das Verfahren aber auch nicht mehr im mathematischen Sinne genau.

*) Szmodits: „Absteckung und Berichtigung von Gleisbogen“, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1935, Heft 17.

2. Die Darstellung des Winkelbildes der Standlinie und des neuen Bogens ergibt sofort ein Bild von den in Frage kommenden Lösungen und von der Größe der seitlichen Verschiebungen.

3. Man erhält aus der Summenlinie die Verschiebungen an beliebig vielen Punkten, sowohl in den Kreisbogen als auch in den Übergangsbogen, ohne daß im allgemeinen eine besondere Arbeit für das Zwischenschalten von Punkten nötig ist. Daher kann man ohne weiteres die Abstände der Festpunkte von vornherein so einrichten, wie sie für das Ausrichten des Bogens am zweckmäßigsten sind.

4. Die Übergangsbogen ergeben sich beim Winkelbildverfahren von selbst. Sie erfordern weder besondere Überlegungen noch irgendeine Mehrarbeit. Dabei ist es gleichgültig, ob es sich um Übergangsbogen zwischen Gerader und Kreisbogen oder zwischen zwei Kreisbogen verschiedenen Halbmessers handelt, und ob der Krümmungsverlauf der Übergangsbogen geradlinig oder geschwungen werden soll.

5. Im Summenbilde stellen die waagerechten Maße Längen dar und die senkrechten Maße seitliche Verschiebungen (Breitenmaße). Man kann daher den Maßstab beliebig verzerren, d. h. die seitlichen Verschiebungen in beliebig großen Maßstäben gewinnen.

6. Grobe Fehler oder Versehen bei der Ausrechnung des Feldbuches oder in der Zeichnung werden in der Regel schon während der Bearbeitung entdeckt und können daher rechtzeitig ausgemerzt werden. Dies ist bei logarithmischen und trigonometrischen Berechnungen lange nicht in dem gleichen Maße der Fall.

In all diesen Punkten ist das Winkelbildverfahren dem Verfahren mit dem Verschiebungsplan überlegen. Besonders ist der Punkt 4 eine bedenkliche Schwäche des neuen Verfahrens. Die Übergangsbogen sind in dem Arbeitsgang des Verfahrens gewissermaßen Fremdkörper. Man kann sie nur durch ziemlich umständliche Ermittlungen in den Verschiebungsplan einbeziehen, oder man muß sie nachträglich im Gelände als kubische Parabeln einschalten. Desgleichen ist das Einlegen beliebiger Korbbogen und Übergangsbogen zwischen solchen nicht ganz einfach. Das Verfahren nähert sich daher in der Anwendung schon wieder dem schwerfälligen trigonometrischen Verfahren.

6. Schlußfolgerung.

Zum Abstecken von Bogen stehen jetzt drei verschiedene Verfahren zur Verfügung:

- a) das alte trigonometrische Verfahren (Abstecken von Tangenten oder Sehnen aus),
- b) das Winkelbildverfahren (Nalenz-Höfer-Verfahren),
- c) das Verfahren mit dem Verschiebungsplan (nach Szmodits).

Das trigonometrische Verfahren wurde Jahrzehnte hindurch angewendet. Es war früher gut, solange man nichts Besseres hatte. Durch das Winkelbildverfahren ist es überholt worden und wird nur noch bei der ersten Rohabsteckung neuer Bahnlinien und in Ausnahmefällen bei Linienverbesserungen verwendet. Es entspricht in bezug auf die Genauigkeit kaum mehr den jetzigen Anforderungen.

Das Winkelbildverfahren hat sich in den letzten Jahren allen Widerständen zum Trotz mehr und mehr durchgesetzt. Eingehende Untersuchungen haben ergeben, daß mit ihm eine nicht zu übertreffende Genauigkeit erzielt wird, die über die Bedürfnisse der Praxis hinausgehen. Wenn es der Deutschen Reichsbahn gelungen ist, in wenigen Jahren die Strecken hinsichtlich der Linienführung bedeutend zu verbessern, so ist dies zum großen Teil den hervorragenden Eigenschaften dieses Absteckverfahrens zu verdanken, und es ist daher eigentlich verwunderlich, daß dies vielfach noch nicht erkannt und das Verfahren noch nicht für das Abstecken von Linienverbesserungen vorgeschrieben worden ist.

Das neue Verfahren von Szmodits (s. Anmerkung auf S. 462) ist auch im mathematischen Sinne ein genaues Verfahren. Es zeichnet sich durch mathematische Allgemeingültigkeit und Eleganz aus und zwingt daher zur Stellungnahme. Es entsteht die Frage: Ist das bewährte Winkelbildverfahren angesichts des neuen Verfahrens aufzugeben, und müssen wir umlernen?

Die Genauigkeit des Winkelbildverfahrens entspricht allen Anforderungen. Man wird es infolgedessen nur dann zugunsten eines neuen Verfahrens verlassen, wenn dieses noch übersichtlicher, einfacher, leichter erlernbar und wirtschaftlicher ist. Der Vergleich lehrt, daß dies nicht der Fall ist. Das neue Verfahren mit dem Verschiebungsplan ist zwar als außerordentlicher wissenschaftlicher Fortschritt zu werten, in der praktischen Anwendung aber hält es hinsichtlich der Übersichtlichkeit, Einfachheit und Wirtschaftlichkeit den Vergleich mit dem Winkelbildverfahren nicht aus. Es liegt daher für uns kein Grund vor, das in jeder Hinsicht bewährte und genaue Winkelbildverfahren zu verlassen, nur einem rein theoretisch-mathematischen Vorzuge des neuen Verfahrens zuliebe.

Entwicklungsmöglichkeiten der Dampflokomotive *).

Von Prof. Dr. Ing. F. Neesen, VDI und Dipl. Ing. F. Löhr, Technische Hochschule Danzig.

Die Dampflokomotive der alten Stephenson'schen Grundform hat nun bereits über 100 Jahre trotz vieler Versuche, neue Wege zu gehen, praktisch allen Entwicklungsversuchen standgehalten. Erst im Laufe der ungefähr letzten zehn Jahre ist ihr in den mit Verbrennungsmaschinen betriebenen Eisenbahnfahrzeugen und auch zuvor schon durch die elektrische Lokomotive eine schwere Konkurrenz entstanden, so daß sich die Frage aufwirft, wie weit es für die Dampflokomotive über ihre bisherige Form hinaus noch Verbesserungsmöglichkeiten gibt.

Bemerkenswert an der ganzen Lokomotiventwicklung ist, daß jeweils zu verschiedenen Zeiten verschiedene Bauteile der Dampflokomotive im Vordergrund des Interesses standen. Man kann dabei drei große Abschnitte der Entwicklung unterscheiden. Im ersten Abschnitt steht die Ausbildung der

Lokomotive zum betriebsicheren Fahrzeug im Vordergrund. Unter Beibehaltung der Elemente der alten Stephenson'schen Grundform gelingt es dabei, durch immer weitere Verbesserung dieser Bauart den Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive, bezogen auf indizierte Leistung, von $\eta_i = 1,8\%$ um 1835 auf $\eta_i = 6,5\%$ um 1890 zu steigern. Man hat damit jedoch, wie die Abb. 1 zeigt, die obere Wirkungsgradgrenze dieser alten Bauform erreicht.

Im zweiten Abschnitt der Entwicklung wird durch Einführung wärmesparender Einrichtungen eine neue Steigerung des Wirkungsgrades erzielt. Die intensiven Versuche und Untersuchungen zur Verbesserung der Lokomotivmaschine im Verein mit der Erhöhung des Dampfdruckes führen noch vor der Jahrhundertwende zur allgemeinen Einführung der Verbundlokomotive (erstmalige Ausführung 1879), die dem Naßdampftrieb wesentliche Ersparnisse bringt, sowie später 1898 zur Einführung des Überhitzers auf fast allen Hauptbahnlokomotiven der Welt. Schließlich gelingt im Jahre 1910

*) Der Aufsatz lag der Schriftleitung schon seit längerer Zeit vor, konnte jedoch wegen Raummangel nicht früher veröffentlicht werden.

durch Einbau eines weiteren Elementes, des Abdampfvorwärmers, eine neue Ersparnis im Wärmehaushalt der Lokomotive, so daß man am Ende dieses Entwicklungsabschnittes etwa im Jahre 1924 auf einen Gesamtwirkungsgrad, bezogen auf indizierte Leistung, von $\eta_i = 10,5\%$ gelangt ist.

Der dritte Abschnitt in der Entwicklung wird eingeleitet durch die eisenbahntechnische Tagung in Seddin (1924). In ihm wird die alte Stephenson'sche Grundform verlassen und es entstehen die Turbinen — die Höchstdruck-, Kohlenstaub-, Diesel- und Dieseldruckluft-Lokomotiven. Auch wird der normale Lokomotivkessel aufgegeben, und an seine Stelle treten die reinen Röhrenkessel. Gleichzeitig aber wird die alte Stephenson'sche Bauart durch weitere Steigerung von Druck und Überhitzung fortentwickelt. Das Ergebnis dieser Periode zeigt, daß es bisher möglich war, den Wirkungsgrad der Turbinenlokomotive, bezogen auf indizierte Leistung, auf $\eta_i = 14\%$ und der Höchstdrucklokomotive auf $\eta_i = 18,6\%$ zu steigern.

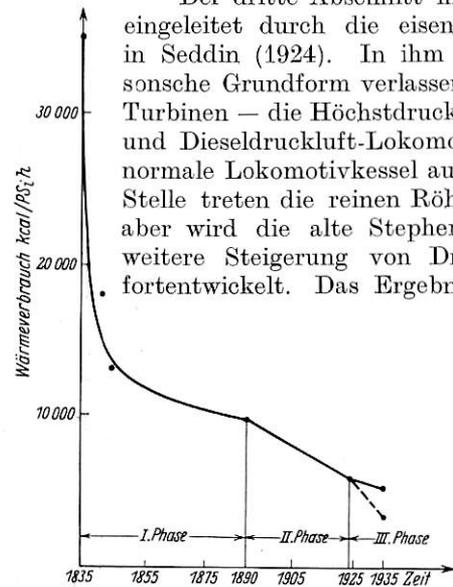


Abb. 1.

Wirkungsgradsteigerung im Verlauf der ersten 100 Jahre der Lokomotive.

wärmewirtschaftlichen Erkenntnisse und günstigen Erfahrungen, die den stationären Kraftwerkbau auf seine heutige hohe Entwicklungsstufe geführt haben, auch auf das fahrbare Kraftwerk, die Dampflokomotive zu übertragen.

Angesichts dieser Tatsache sowie der Gesamtentwicklung der Lokomotive drängen sich nun zwei Fragen auf.

1. Wie weit kann die Lokomotive durch Verbesserung der Elemente, die sie mit einem stationären Kraftwerk gemeinsam hat, theoretisch an die Wirkungsgrade eines stationären Kraftwerkes herangebracht werden?

2. Wie weit sind noch Verbesserungen auf den ihr als fahrbarem Kraftwerk eigenen Gebieten möglich?

Auch der stationäre Kraftwerkbau hat ähnliche Entwicklungsstufen durchgemacht wie der Lokomotivbau. Es ergibt sich, daß auch erst um die Jahrhundertwende der stationäre Kraftwerkbau sein Augenmerk auf Verbesserung der Wärmewirtschaft richtet. Ein Vergleich der beiden Entwicklungen seit der Jahrhundertwende (Abb. 2) zeigt aber, daß in dieser Zeit die Spanne zugunsten des stationären Kraftwerkbaues größer wird, so daß die heute allgemein bekannte Überlegenheit der stationären Kraftanlage über die normale Lokomotive sich erst in den letzten 35 Jahren herausgebildet hat. Allerdings nähert sich die Kurve des effektiven Vollastwärmeverbrauches eines stationären Kraftwerkes mit einem augenblicklichen praktischen Wert von 3400 kcal/kWh in den letzten Jahren immer mehr einem Grenzwert, der nur wenig unter 2500 kcal/kWh (thermischer Wirkungsgrad = $\eta = \frac{632}{2500} = 34\%$) zu liegen scheint. Da demgegenüber

die Höchstdrucklokomotive erst einen praktischen Grenzwert von 5100 kcal/kWh-Treibachsleistung erreicht hat, so ergibt sich die Frage, wie weit es mit Hilfe der Mittel, die dem stationären Kraftwerkbau in den letzten Jahrzehnten zu einer solch schnellen Entwicklung verholfen haben, auch dem Lokomotivbau möglich ist, den Gesamtwirkungsgrad der Lokomotive zu verbessern.

Hier ist zunächst als sehr wichtiger Punkt die Größe des Werkes und damit die Größe der aufgestellten Einheiten auf den Wirkungsgrad zu untersuchen. Die Abhängigkeit des Wärmeverbrauches bei praktischen Ausführungen von der Leistungseinheit ist aus Abb. 3 ersichtlich. Man erkennt

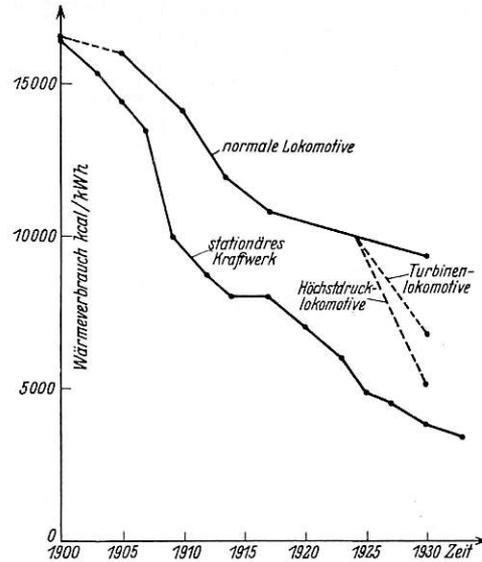


Abb. 2. Vergleich des Wärmeverbrauchs je kWh zwischen einer Lokomotive und einem Kraftwerk.

daraus, daß stationäre Kraftwerke von der Leistungseinheit einer Lokomotive nur einen effektiven Vollastwirkungsgrad von $\eta = 16\%$ haben, da sie aus Gründen der Billigkeit meist ohne große wärmesparende Einrichtungen gebaut werden. Die Höchstdrucklokomotive mit einem allerdings nur rechnerisch ermittelten Wirkungsgrad von 16,8%, bezogen auf Treibachsleistung, übertrifft also stationäre Kraftwerke gleicher Größe, während die normale Lokomotive von 25 at mit $\eta = 12\%$ um etwa 4% darunter liegt. Ein stationäres Großkraftwerk von ungefähr 180000 kW installierter Leistung hat dagegen einen Vollastwirkungsgrad von $\eta = 25,5\%$. Die Frage der möglichen Wirtschaftlichkeitssteigerung einer Lokomotive kann daher

nur bei einem Vergleich mit einem stationären Kraftwerk größerer Leistungseinheit gelöst werden. Dabei sind nun drei Grundelemente der Lokomotive

1. der Kessel
2. die Hauptmaschine
3. die Hilfsmaschinen

zu untersuchen und mit den entsprechenden Grundformen des stationären Großkraftwerkes in Beziehung zu setzen.

Zum Vergleich der Kessel sind in Zusammenstellung 1 die wichtigsten Daten einiger stationärer und Lokomotivkessel eingetragen. Man erkennt, daß die stationären Kessel dem Lokomotivkessel im Gesamtwirkungsgrad überlegen sind. Dies beruht nicht auf der verschiedenen Heizflächengröße, auch nicht auf der Heizflächenbelastung, denn der stationäre Kessel hat die höhere Heizflächenbelastung des Lokomotiv-

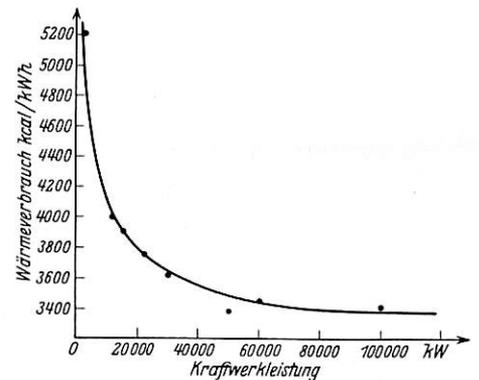


Abb. 3.

Abnahme des Wärmeverbrauchs je kWh in Abhängigkeit von der Kraftwerksgröße.

Zusammenstellung 1.

| | Kesselbauart | Rostbauart | Heizflächen- größe m ² | Über- hitzer- heiz- fläche m ² | Rauch- gas- speise- wasser- vor- wärmer m ² | Luft- vor- wärmer m ² | Dampf- druck ata | Dampf- tempera- tur °C | Heiz- flächen- belastung (maximal) kcal/m ² h | Wir- kungs- grad des Kessels und Über- hitzers % | Gesamt- wir- kungs- grad % |
|--------------------|------------------------|----------------------|---|---|--|---|------------------------|---------------------------------|--|---|--|
| Finkenheerd . . . | 4 Trommel Steilrohr | Vorschub- treppen | 1373 | 518 | 1260 | 2380 | 40 | 450 | 31 600 | 77,75 | 88,0 |
| Zschornewitz . . . | 4 Trommel Steilrohr | Treppen- rost | 1000 | 360 | 2300 | 520 | 16 | 390 | 30 400 | 81,00 | 87,5 |
| Cuno-Werk | Teilkammer | Kohlen- staub | 1281 | 358 | — | 3420 | 36 | 425 | 29 600 | 79,30 | 89,0 |
| Kraftwerk Wien . . | 3 Trommel Steilrohr | Stoker | 647 | 370 | 1360 | — | 22 | 400 | 27 200 | 73,80 | 85,8 |
| — | 4 Trommel Steilrohr | Zonen- wanderrost | 400 | — | 810 | — | 13,5 | 350 | 21 300 | 76,50 | 86,0 |
| 01-Lokomotive . . | Rauchrohr | Planrost | 238 | 100 | — | — | 16 | 400 | 32 400 | — | 76,0 |
| 02-Lokomotive . . | „ | „ | 247 | 84 | — | — | 16 | 400 | 32 400 | — | 75,0 |
| Langrohrkessel | | | | | | | | | | | |
| 03-Lokomotive . . | „ | „ | 202 | 70 | — | — | 16 | 400 | 32 400 | — | 75,0 |
| 04-Lokomotive . . | „ | „ | — | — | — | — | 16 | 400 | 32 400 | — | 72,7 |

kessels durch weitgehende Ausnutzung der Strahlung mittels Einbau von Strahlungsheizfläche sowie durch Steigerung der Flammentemperatur mittels Luftvorwärmung, Kohlenstaubfeuerung bzw. Zonenwanderrost längst eingeholt. Der Wirkungsgradunterschied beruht also vielmehr

1. auf der weit höheren Abgastemperatur,
2. auf der höheren Rostbelastung des Lokomotivkessels, gegenüber dem stationären Kessel.

Den Einfluß der Abgastemperatur zeigt obige Zusammenstellung, aus der sich ergibt, daß die Wirkungsgrade eines stationären Kessels ohne Rauchgasspeisewasser- oder Luft-

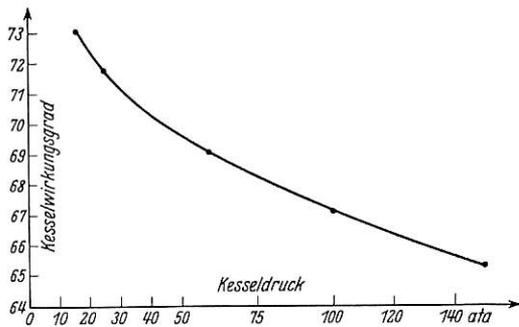


Abb. 4.

Abnahme des Kesselwirkungsgrades mit steigendem Dampfdruck.

vorwärmer mit 73,8 bis 81% auf fast derselben Höhe liegen wie die eines Lokomotivkessels. Mithin beruht also die Überlegenheit des stationären Kessels in der Hauptsache auf der Verwendung des Rauchgasspeisewasser- oder Luftvorwärmers, die bei Steigerung des Kesseldruckes und der damit verbundenen Erhöhung der Abgastemperatur immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Die Abnahme des Kesselwirkungsgrades mit steigendem Dampfdruck infolge der damit verbundenen höheren Abgastemperatur zeigt Abb. 4. Sie ist unter der Annahme gleicher Temperaturdifferenz zwischen Satttdampf und Abgastemperatur bei allen Dampfdrücken aufgestellt, wie es auch etwa stationär erprobten praktischen Verhältnissen entspricht.

Mit der Steigerung der Vorwärmtemperatur steigen die Ersparnisse, die der Vorwärmer bringt, immer mehr. Es nimmt ebenso aber auch die Heizfläche des Vorwärmers und damit sein Preis sowie sein zusätzlicher Widerstand, den er den Rauchgasen bietet, zu. Es muß sich also eine günstigste Vorwärmtemperatur ergeben, die mit steigendem Kesseldruck höher liegen muß.

Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für einen Rauchgasspeisewasservorwärmer allein unter der Kostenberücksichtigung eines Ventilators, der hinter das Blasrohr geschaltet, nur die Widerstände des Rauchgasspeisewasservorwärmers zu überwinden hätte, zeigt, daß für Lokomotiven von 16 at Kesseldruck die günstigsten Speisewasservorwärmtemperaturen bei 200° C, also Siedetemperatur liegen, für solche von 60 at Kesseldruck dagegen bei 240° C und daß sie von da ab mit steigendem Kesseldruck gemäß Abb. 5 nur noch wenig zunehmen.

Mit diesen günstigsten Speisewasservorwärmtemperaturen wäre es wirtschaftlich möglich, die Rauchgase des Lokomotivkessels bei Dampfdrücken bis 100 at auf 180° C abzukühlen und damit den Wirkungsgrad des Kessels auf 85 bis 86% zu steigern.

Allerdings ist eine solche Erhöhung des Wirkungsgrades nur unter erheblicher Steigerung des Aufwandes an Heizfläche und Gewicht zu erreichen. Es zeigt sich, daß eine Ausnutzung der günstigsten Speisewassertemperatur von 200° C bei 16 at Kesseldruck ein zusätzliches Gewicht von ungefähr 5 t verlangt. Die dadurch erhöhten Fahrwiderstände verringern zwar die Vorteile der günstigsten Speisewasservorwärmung um 0,79%. Dem steht jedoch gemäß Abb. 6 eine Wirkungsgradverbesserung des Kessels um 17,3% gegenüber.

Die Anwendung eines Luftvorwärmers im Lokomotivbetrieb wirkt sich günstiger aus, da bei ihm trotz seines

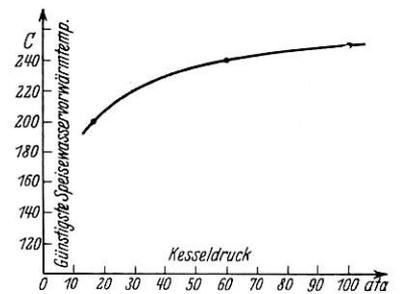


Abb. 5. Wirtschaftlichste Speisewassertemperaturen in Abhängigkeit des Kesseldrucks.

schlechten Wärmeübergangskoeffizienten infolge seiner leichteren Bauart der Gewichts Aufwand je Prozent Kesselwirkungsgradverbesserung bei den praktisch erreichbaren Luftvorwärmtemperaturen ein geringerer ist. Infolgedessen liegt die günstigste Luftvorwärmtemperatur gemäß Abb. 7 über den praktisch brauchbaren Werten. Wirtschaftliche Grenzen für die höchsten Luftvorwärmtemperaturen bestehen also vorab nicht, wohl aber betriebliche; denn der stationäre normale Kesselbau hat für Rostfeuerungen Luftvorwärmtemperaturen bis 200°C als zulässig gefunden. Nimmt man deshalb 150°C Luftvorwärmtemperatur für Lokomotivkessel wegen ihrer höheren Rostbelastung als obere zulässige Grenze an, so ergibt die Einführung eines Luftvorwärmers

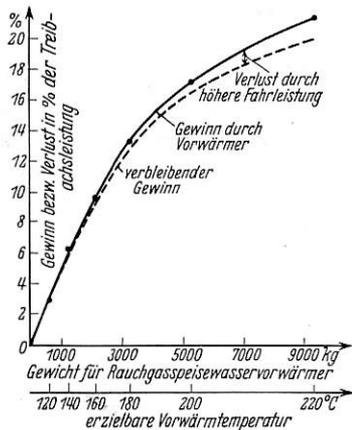


Abb. 6. Leistungsgewinn durch den Speisewasservorwärmer in Abhängigkeit der Speisewasservorwärmtemperatur.

bei 16 at Kesseldruck einen Wirkungsgrad des Kessels von 81,5%.

Auch bei Hintereinanderschaltung von Rauchgasspeisewasser- und Luftvorwärmer vermag der Luftvorwärmer noch Vorteile zu bringen. Eine Wirtschaftlichkeitsrechnung und die daraus sich ergebende Abb. 8 zeigt, daß sich dann noch Luftvorwärmtemperaturen von 80°C wirtschaftlich erreichen lassen. In diesem Fall bringt der Luftvorwärmer eine Wirkungsgradverbesserung von 4,35%, so daß dann Gesamtkesselwirkungsgrade im Lokomotivbetrieb von 88,0 bis 89% (ohne Berücksichtigung der Ventilatorleistung) erreichbar wären.

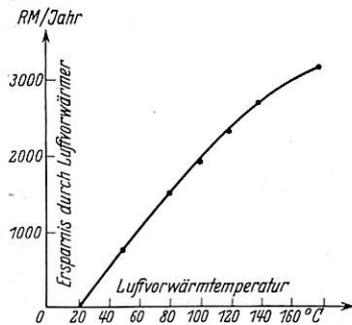


Abb. 7. Ersparnis durch Steigerung der Luftvorwärmtemperatur.

Über diese abgasseitigen Vorteile hinaus bringt die Luftvorwärmung aber noch feuerseitig durch Erhöhung der Flammentemperatur beträchtliche Vorteile, die nach der bekannten Stephan Boltzmannschen Formel für die durch Strahlung übertragene Wärmemenge
$$dQ = C_{12} \left[\left(\frac{T_f}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \right] \frac{\cos \varphi_1 \cos \varphi_2}{r^2 \pi} \cdot d f_1 \cdot d f_2 \text{ [kcal/h]}$$
 beurteilt werden kann. Unter der Annahme, daß die Verbrennungstemperatur T_f bei Einführung von Luft, die um Δt_1 °C vorgewärmt ist, sich auf $(T_f + \Delta t_1)$ erhöht, ergibt die Rechnung für eine Luftvorwärmung von $\Delta t_1 = 80^\circ\text{C}$ eine Steigerung der pro m² Rostfläche übertragenen Wärmemenge von $Q = 54,3 \cdot 10^4$ kcal/h bei nicht vorgewärmter Luft auf $Q = 63,8 \cdot 10^4$ kcal/h bei vorgewärmter Luft (Winkelverhältnis = 1 vorausgesetzt). Es zeigt sich also, daß die Leistung der unmittelbar bestrahlten Heizfläche um 17,6% gewachsen ist, während die Temperatur der aus der Feuerbüchse abziehenden Verbrennungsgase nur um 32°C gestiegen ist, zu deren Ausnutzung eine weitere Vergrößerung der Berührungsheizfläche nötig wäre.

Den Unterschied in der Rostbelastung zwischen stationären und Lokomotivkesseln zeigt die Abb. 9. Es ist ersichtlich, daß die Rostbelastungen des Lokomotivkessels ungefähr das

doppelte von denen des stationären Kessels betragen. Die Verbrennungsverluste liegen dementsprechend beim Lokomotivkessel zwischen 6,6 und 9,7%, während sie für die stationären Kessel, die in der Zusammenstellung 1 enthalten sind, zwischen 3 bis 9% liegen. Es ergibt sich also durch die höhere Rostbelastung ein geringer Wirkungsgradverlust des Lokomotivkessels gegenüber dem stationären Kessel.

Einen Vergleich der Zugverhältnisse des Lokomotiv- und stationären Kessels zeigt Abb. 10. Der Zugverlust im Lokomotivkessel beträgt danach bei Vollast wegen des großen Strömungswiderstandes in den Rohren fast

das Doppelte desjenigen im stationären Kessel. Die Saugzuganlage des Lokomotivkessels verbraucht dementsprechend eine größere Leistung als im stationären Kessel. Diese Leistung beträgt z. B. bei der 02-Lokomotive 48,5 PS bei Vollast, wenn

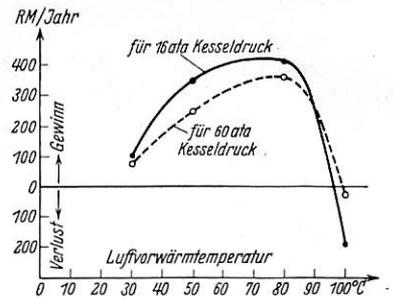


Abb. 8. Ersparnis durch Hintereinanderschaltung von Speisewasser- und Luftvorwärmer in Abhängigkeit der Luftvorwärmtemperatur.

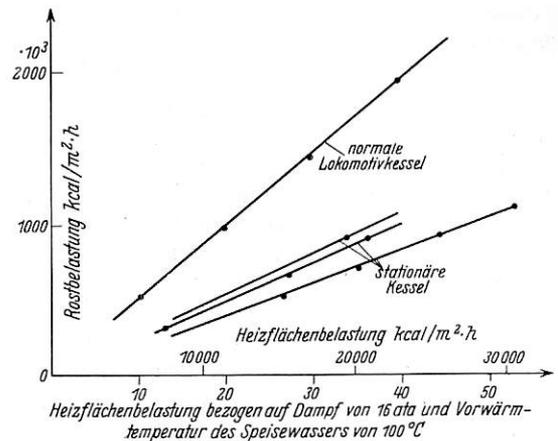


Abb. 9. Rostbelastung stationärer und Lokomotivkessel in Abhängigkeit der Heizflächenbelastung.

sie tatsächlich durch einen Saugzugventilator aufgebracht werden müßte. Das sind 2,7% der gesamten effektiven Lokomotivleistung oder 0,35% der maximalen Kesselleistung. Bei

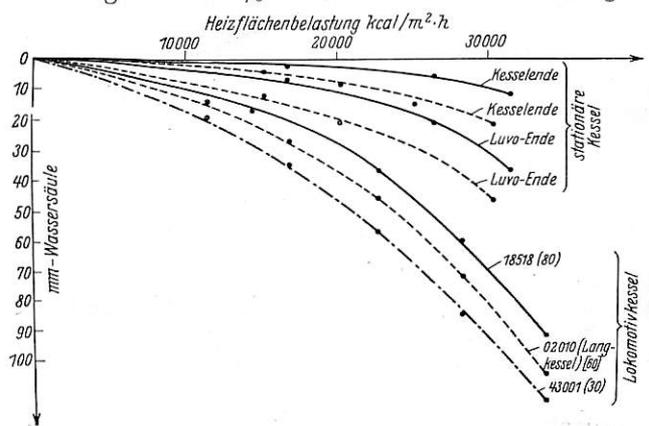


Abb. 10. Vergleich des Zugverlustes in Lokomotiv- und stationärem Kessel.

stationären Kesseln rechnet man dagegen mit nur 0,5% der Kraftwerksleistung für die Saugzuganlage. Der hohe Zugverlust des Lokomotivkessels erscheint also als beträchtlicher Nachteil, an dem aber beim normalen Lokomotivkessel nichts zu ändern ist.

Es zeigt sich also zusammenfassend, daß der Wirkungsgrad eines normalen Lokomotivkessels gesteigert werden könnte bis auf 88%, unberücksichtigt den Leistungsaufwand für die Saugzuganlage, die infolge der zusätzlichen Verluste im Rauchgasspeisewasser und Luftvorwärmer bei der 02-Lokomotive eine Leistung von 76 PS bei Vollast verbraucht. Rechnet man diese Leistung dem Kessel, der maximal 1460 PS erzeugt, zur Last, so verringert sich der Wirkungsgrad des normalen Lokomotivkessels um 0,5%. Damit steht der Lokomotivkessel hinter der besten in Zusammenstellung 1 angeführten stationären Kesselanlage um 1,5% zurück. Eine solche Wirkungsgraderhöhung wäre aber nur unter erheblicher Steigerung der Heizfläche und damit des Gewichtes möglich. Wollte man unter Umgehung dieses Nachteiles denselben oder sogar noch einen höheren Wirkungsgrad erreichen, so wäre dies nur unter völliger Abkehr von den bisherigen Bauformen, z. B. unter Anwendung eines Veloxkessels möglich, der in Horizontalanordnung zwar noch nicht ausgeführt ist, der aber einen Wirkungsgrad von 90% verspricht.

Das zweite Element der Lokomotivkraftanlage ist die Hauptdampfmaschine. Der Wärmeverbrauch von besten stationären Dampfmaschinen, die mit Auspuff und Frischdampfzustand von 12 at und 350° C Überhitzung arbeiten, beträgt 4530 bis 5300 kcal/PS_{1h}, im Mittel 4900 kcal/PS_{1h}, der Wärmeverbrauch von Kondensationsdampfmaschinen dagegen nur 3800 bis 3400 kcal/PS_{1h}, im Mittel 3600 kcal/PS_{1h}. Man erkennt, daß die Einheitslokomotive mit einem Wärmeverbrauch von 4750 bis 5200 kcal/PS_{1h} an die stationären Auspuffmaschinen heranreicht, daß sie aber gegenüber Kondensationsdampfmaschinen um 31% zurücksteht. Die stationären Turbinenanlagen dagegen weisen einschließlich Kondensationsanlage einen Wärmeverbrauch von 2500 bis 2650 kcal/PS_{1h} bei Rückkühlung, 2080 bis 2200 kcal/PS_{1h} bei Flußwasserkühlung auf. Demgegenüber steht die Lokomotivturbinmaschine ohne Kondensationsanlage mit einem Wärmeverbrauch von 3100 bis 3250 kcal/PS_{1h} um 600 bis 1000 kcal/PS_{1h} hinter der stationären Turbine zurück. Der Vorsprung der stationären Maschine gegenüber der Lokomotivmaschine beruht vor allem auf dem der stationären Maschine zur Verfügung stehenden größeren Wärmegefälle. Die Möglichkeiten der Angleichung des Wärmeverbrauches der Lokomotivmaschine an den von stationären Maschinen ergeben sich also aus der Möglichkeit der Vergrößerung des Gefälles

1. durch Einführung bzw. Verbesserung der Kondensation,
2. durch Erhöhung von Druck und Überhitzung.

Durch die Einführung des Kondensationsbetriebes bei Lokomotiv-Kolbendampfmaschinen in den Größenverhältnissen des bei einer Turbinenlokomotive ausgeführten würde sich ein Kondensatordruck von 0,2 at ergeben. Dabei würde sich für eine Lokomotivkolbenmaschine, die mit demselben Frischdampf arbeitet, wie die oben angeführten, stationären Maschinen bei einem Gütegrad von 65%, wie er entsprechend den stationären Anlagen erwartet werden kann, ein Dampfverbrauch von 5,3 kg/PS_{1h} oder unter Berücksichtigung des Wiedergewinnes der Kondensatwärme ein Wärmeverbrauch von 3680 kcal/PS_{1h} ergeben. Damit würde also die Lokomotivkolbenmaschine den Wärmeverbrauch von stationären Kondensations-Kolbendampfmaschinen erreichen. Dabei ist jedoch zu bedenken, daß der Gewinn z. T. wieder durch die künstliche Saugzuganlage, die Belüftungsturbinen für den Kondensator, die Kühlwasserpumpe und die Kondensatpumpe aufgezehrt wird. Setzt man die Leistung dieser Hilfsmaschinen mit 6,5% der Hauptmaschinenleistung an, so ergibt sich bei einem thermodynamischen Wirkungsgrad dieser Hilfsmaschinen von 40% gegenüber 65% der Hauptmaschine ein Dampfverbrauch der Hilfsmaschine von $G = 10,6\%$ des Hauptmaschinenver-

brauches und damit ein Gesamtvollastwärmeverbrauch der Lokomotive einschließlich der Hilfsmaschinenanlage von 4100, also um 500 kcal/PS_{1h} oder 12,2% mehr als die entsprechende stationäre Maschinenanlage. Dieser Nachteil der Lokomotivmaschine ist lediglich begründet durch das geringere Vakuum der Lokomotive. Günstiger ließe sich dies Verhältnis noch gestalten, wenn man den thermodynamischen Wirkungsgrad, der oben mit 65% bzw. 40% angenommen ist, noch verbessern könnte. Das wäre zu erreichen, indem man einerseits bei den Hilfsmaschinen Getriebeturbinen einführt, wodurch man, allerdings wieder unter erheblicher Steigerung des Gewichtes, Wirkungsgrade bis 50% erreichen könnte, und indem man andererseits der Kolbenhauptmaschine nur einen Teil des Gefälles zuteilt und den Rest des Gefälles bis auf Kondensatordruck in einer Abdampfturbine verarbeitet, ein Weg, der in der P 8 mit Abdampftriebender ja auch bereits besprochen worden ist. Bei der Turbine als Lokomotivmaschine wirkt sich der Einfluß des schlechten Vakuums von 0,2 at noch weit mehr aus. Das Vakuum, das den stationären Turbinen zur Verfügung steht, geht bis auf 0,04 at bei Rückkühlung bzw. 0,025 bei Flußwasserkühlung herunter, so daß also bei einem Vergleich von Anlagen mit 16 at und 400° C der Lokomotivturbine 51 bzw. 63 kcal/kg oder 24,5 bzw. 33% des der Lokomotivturbine zur Verfügung stehenden Gefälles verloren

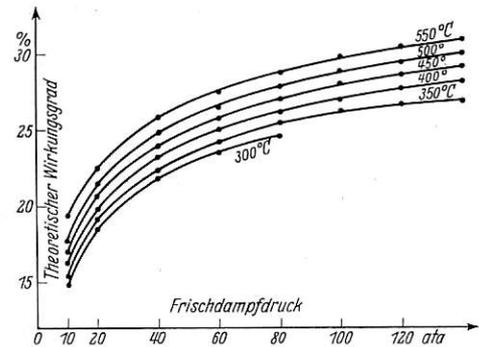


Abb. 11. Theoretischer Wirkungsgrad bei verschiedenen Überhitzungen in Abhängigkeit des Dampfdruckes bei Auspuffbetrieb. Gegendruck 1,1 ata.

gehen. Dadurch muß der Dampfverbrauch der Lokomotivturbine um 30 bis 35% höher liegen als der der stationären Turbine. Eine Vergrößerung des Gefälles durch Verbesserung des Vakuums erscheint aber bei der Lokomotive nicht mehr möglich, da das nur durch Vergrößerung der Rückkühlfläche und damit verbundenen Erhöhung des Materialaufwandes erreicht werden kann. Bei den bisher gebauten Turbinenlokomotiven mit Kondensation hat sich ergeben, daß der mitzuführende leere Tender mit dem Kondensator 40 t der betriebsfähige Tender 60 t wiegt, während der Tender der normalen Einheitslokomotive 74 t Betriebsgewicht und 32 t Leergewicht hat.

Um die Frage des Einflusses von Druck und Überhitzung auf den Maschinenwirkungsgrad zu untersuchen, müssen wir sie in zwei Teile teilen.

1. Wie wirken sich Erhöhungen von Druck und Überhitzung auf den theoretischen Wirkungsgrad aus?
2. Wie beeinflussen Erhöhung von Druck und Überhitzung den thermodynamischen Wirkungsgrad oder Gütegrad unserer Maschinen?

Die Abhängigkeit des theoretischen Wirkungsgrades η_{th} von Druck und Überhitzung zeigen die Kurven in Abb. 11 und 12. Man erkennt daraus, daß der theoretische Wirkungsgrad in Abhängigkeit vom Druck von 100 bis 120 at ab nur noch geringe Steigerung aufweist. Vom Standpunkt des theoretischen Wirkungsgrades aus liegen also die Grenzen der Drucksteigerung bei 100 bis 120 at. Mit der Erhöhung der

Überhitzung nimmt dagegen der theoretische Wirkungsgrad bei allen Dampfdrücken linear und stetig zu.

Der Einfluß der Erhöhung von Druck und Überhitzung auf den Gütegrad von Kolbenmaschinen ist gegeben durch

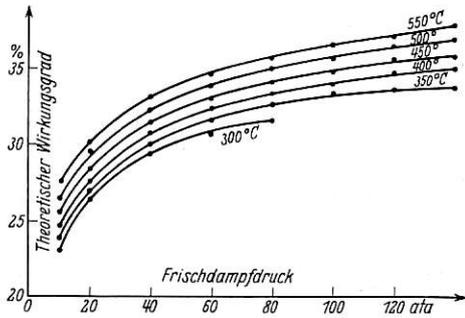


Abb. 12. Theoretischer Wirkungsgrad bei verschiedenen Überhitzungen in Abhängigkeit des Dampfdruckes bei Kondensationsbetrieb. Gegendruck 0,2 ata.

deren Einwirkung auf die Drosselverluste, die Wandungsverluste und die Verluste durch unvollständige Expansion. Die Gütegrade von guten Lokomotivkolbenmaschinen betragen 70 bis 80%, also kaum unterschiedlich gegenüber den in gleichen Grenzen sich bewegenden Gütegraden von stationären Kolbendampfmaschinen, so daß eine Verbesserung des Gütegrades der Lokomotivkolbenmaschine nicht mehr zu erwarten ist. Für den Einfluß der Erhöhung von Druck und Überhitzung auf den Wirkungsgrad von Turbinen sind maßgebend: 1. die Schaufellänge, 2. die Spalt- und Stopfbüchsenverluste, 3. der Einfluß der Dampfnässe in den letzten Stufen. Für die Leistung einer Lokomotivturbine zeigt die Abb. 13, daß eine Steigerung des Dampfdruckes über 55 at bei 2000 PS nicht mehr wirtschaftlich ist, da die oben angeführten Verluste mit steigendem Dampfdruck alle theoretischen Vorteile des höheren Druckes wieder aufheben. Eine Steigerung des Dampfdruckes und damit eine Steigerung des Turbinenwirkungsgrades ist, wie die Abb. 13 zeigt, nur unter gleichzeitiger Leistungssteigerung der Turbine möglich. Es bleibt nach diesen Feststellungen nur noch die obere Grenze der Überhitzungssteigerung zu untersuchen. Sie ist gegeben durch die Kriechfestigkeit der Baustoffe, die wie die Erfahrung des stationären Kraftwerkbau zeigen, für die heute bekannten wärmebeständigen Baustähle bei maximal 500° C liegen.

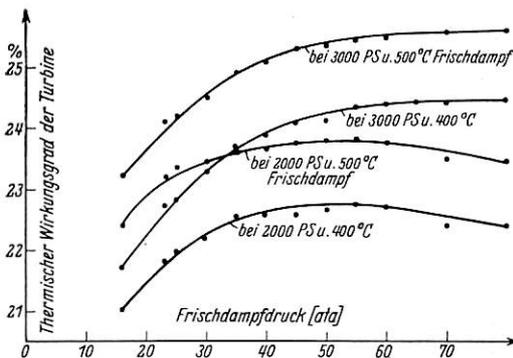


Abb. 13. Wirkungsgrad der Lokomotiv-Dampfturbine in Abhängigkeit des Dampfdruckes bei verschiedenen Überhitzungen und Leistungen.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß bei Auspuffmaschinen durch Steigerung des Druckes auf 120 at und Erhöhung der Überhitzung auf 500° C bei einem Gütegrad von 75% eine Verbesserung des Wärmewirkungsgrades $\eta_k \cdot \eta_{th} \cdot \eta_g$ gegenüber den Einheitsmaschinen von 13,8% bei 16 at und 400° C auf 22% bei 120 at und 500° C, also um 58% möglich wäre. Der Wärmeverbrauch der Maschine würde damit von 4610 kcal/PS_{ih} auf 2900 kcal/PS_{ih} ohne Hilfsmaschinen heruntergehen und damit noch um 700 kcal/PS_{ih} unter den Werten für die oben angegebenen stationären Kondensations-

Kolbendampfmaschinen liegen. Dagegen hat die ausgeführte Löffler-Höchstdruckmaschine bei 400° C Überhitzung und 120 at Druck einschließlich des Verbrauches der Umwälzpumpe, bezogen auf indizierte Leistung, einen Wirkungsgrad von 18,6% (Wärmeverbrauch 3400 kcal/PS_{ih}). Für Turbinen ergibt sich durch Steigerung des Druckes unter gleichzeitiger Erhöhung der Überhitzung von 16 at und 400° C auf 55 at und 500° C gemäß Abb. 13 eine Erhöhung des thermischen Wirkungsgrades, bezogen auf die indizierte Leistung, von 21% auf 23,8% (Wärmeverbrauch ohne Kondensationshilfsmaschinen unter Berücksichtigung des Wiedergewinns der Kondensatwärme $W_1 = 2450$ kcal/PS_{ih}). Die Erhöhung von Druck und Überhitzung wirkt sich also bei Turbinen nur in sehr viel geringerem Maße als bei Kolbendampfmaschinen aus. Erst eine gleichzeitige Steigerung der Leistung auf 3000 PS würde auch für die Turbine eine Erhöhung des Druckes auf 70 at und damit eine Steigerung des Gesamtwirkungsgrades ohne Hilfsmaschinen von 21,7% auf 25,6% bringen (Wärmeverbrauch ohne Kondensationshilfsmaschinen unter Berücksichtigung des Wiedergewinns der Kondensatwärme $W_2 = 2275$ kcal/PS_{ih}). Rechnet man dazu für die Kondensationshilfsmaschinenleistung entsprechend den geringeren Dampfmenigen 6% der Hauptmaschinenleistung, so würden sich bei einem angenommenen thermodynamischen Wirkungsgrad von 40% diese Werte ungünstigstenfalls, d. h. wenn alle Hilfsmaschinen auf Kondensator geschaltet sind, auf $W_1' = 2730$ bzw. $W_2' = 2530$ kcal/PS_{ih} erhöhen.

Das dritte Element des Lokomotivkraftwerkes sind die Hilfsmaschinen. Beim stationären Kraftwerk zeigt sich, daß der Anteil der Hilfsmaschinenleistung an der gesamten Kraftwerksleistung vor allem von der Größe des Kraftwerkes abhängt. Er liegt im stationären Großkraftwerk bei 4 bis 5%. Demgegenüber weist die Einheitslokomotive ausschließlich Saugzug — eine Hilfsmaschinenleistung von ungefähr 0,9%, unter Annahme künstlichen Zuges aber 3,6%, die Turbinenlokomotive dagegen 8% der Treibachsleistung auf. Gegenüber einem stationären Großkraftwerk behält also nur die Einheitslokomotive einen Vorsprung. Bei den Antriebsarten der Hilfsmaschinen von stationären Kraftwerken lassen sich vier Anordnungen unterscheiden:

1. zentrale Hausturbine, die eine eigenes Netz des Werkes versorgt,
2. Versorgung des Hauptnetzes von den Hauptsammelschienen,
3. Dampfbetrieb,
4. gemischter Betrieb.

Es zeigt sich, daß die Antriebsarten 1 und 2 in Großkraftwerken heute fast ausschließlich Verwendung finden, da sich hier für die Hausturbinen bereits sehr große Leistungen ergeben, die den Dampf in diesen mit gutem Wirkungsgrad zu entspannen gestatten. Da bei kleinen Leistungen die Elektromotoren den Turbinen im Wirkungsgrad stark überlegen sind, so erzielt man dadurch Ersparnisse gegenüber dem Dampfbetrieb, die eine Verbesserung des thermischen Gesamtwirkungsgrades des Werkes um 1 bis 2% gegenüber Dampfbetrieb bedingen. Bei den Einheitslokomotiven, die als Hilfsmaschinen nur die Kesselspeisepumpe haben, besteht eine solche Konzentration der Hilfsmaschinenleistung an sich. Erst bei der Einführung der Kondensation und der damit verbundenen Erhöhung der Hilfsmaschinenleistung tritt die Aufgabe der Zusammenfassung dieser Leistung in einer Maschine zur Verbesserung des Wärmehaushaltes der Lokomotive in den Vordergrund. Dabei ergibt sich die Frage, ob es wirtschaftlicher ist, ein solch geschlossenes Maschinenaggregat mit Frischdampf zu betreiben unter Verwendung von Anzapfdampf nach Art des Regenerativverfahrens zur Vorwärmung des Speisewassers oder, was jetzt auch sehr nahe liegt, den Betrieb dieses Hilfsmaschinenaggregates unter

Verwendung des Abdampfes der Hauptmaschine durchzuführen. Auch in diesem letzteren Fall müßte durch eine Wirtschaftlichkeitsrechnung zu klären sein, ob es vorteilhaft ist, den Abdampf der Hauptmaschine teilweise in einem Vorwärmer zur Speisewasservorwärmung zu verwenden oder vollkommen durch die Abdampfturbine gehen zu lassen. Eine Untersuchung ergibt, daß jedenfalls ein außerordentlich guter Wirkungsgrad der Gesamtanlage erzielt werden kann, wenn der gesamte Abdampf durch eine Abdampfturbine geschickt wird und von dieser unmittelbar die Kondensatpumpe, der Rauchgasventilator und die Speisepumpe angetrieben werden.

Zusammenfassend ergibt sich, wie aus Zusammenstellung 2 ersichtlich, daß, vom wärmewirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, die besten Wirkungsgrade sich bei einer Maschine mit Kolbenbetrieb und Abdampfturbine sowie Kondensations- und Rauchgasvorwärmbetrieb ergeben würden. Man kommt dann mit einem Wirkungsgrad von 22,1% bis auf ungefähr 3,5% an die heute erreichten Wirkungsgrade von stationären Großkraftwerken heran. Man erkennt auch, daß keineswegs die Turbinenlokomotive allein zur Annahme der Erreichung eines besten Wirkungsgrades berechtigt. Die Beibehaltung der Kolbenmaschine bringt die großen Vorteile der Steuerungserleichterung, die Zuschaltung einer Abdampfturbine, die Vorteile einer von der Lokomotivleistung abhängigen Regulierung der Hilfsmaschinen, wie dies auch beim Blasrohrbetrieb der Fall ist.

Das wärmewirtschaftliche Ergebnis wird durch die Betrachtung des Kostenaufwandes entstellt. Zur Ermittlung eines vollständigen Wirtschaftlichkeitsbildes wären gemäß Abb. 14. (nach Najork und Wichtendahl, VDI, 1930, S. 1645) einige Kostenermittlungen erforderlich, für die dieser Aufsatz eine Anregung geben möchte. Man erkennt jedenfalls aus Abb. 14, wie hoch maximal die Anschaffungskosten der hier vorgeschlagenen wärmesparenden Lokomotiven höchstens sein dürfen, damit sie gesamtwirtschaftlich betrachtet nicht schlechter dastehen als die normale Lokomotive.

Die Verbesserungsmöglichkeiten der Lokomotive hinsichtlich

Zusammenstellung 2.

| Bezeichnung des Aufbaues der Maschine | Kesseldruck ata | Überhitzungstemperatur °C | Kesselwirkungsgrad | | | | Maschinenwirkungsgrad | | | Verbrauch der Hilfsmaschinen | | | | | Gesamtwirkungsgrad der Maschine |
|--|-----------------|---------------------------|--|--|-----------------|--|------------------------------|---|---|--|-------------------------------|--|-------------------------|--|---------------------------------|
| | | | Ohne Rauchgasnutzung durch Vorwärmer % | Mit Ausnutzung der Rauchgaswärme durch | | Verlust durch zusätzliche Ventilatorleistung in % der Kesselleistung | Theoretischer Wirkungsgrad % | Theoretischer Wirkungsgrad bei Berücksichtigung d. Kondensat* bzw. Vorwärmung** % | Gütegrad % | Installierte Hilfsmaschinenleistung in % der ind. Hauptm. L. | Gütegrad der Hilfsmaschinen % | Dampfverbrauch in % des Hauptmaschinenverbrauchs | Wärmeverbrauch kcal/PSH | Verlustfaktor für den Gesamtwirkungsgrad | |
| | | | | Rauchgas-speisewasserwärmer % | Luftvorwärmer % | | | | | | | | | | |
| Normale Lokomotive | 16 | 400 | 73,0 | — | — | 18,7 | 21,1** | 75 | 0,9 | 40 | 1,7 | 7,2 | (1,0—0,0013) = 0,9987 | 11,50 | |
| 25 at-Lokomotive . . . | 25 | 400 | 71,7 | — | — | 20,8 | 24,0** | 75 | 1,1 | 40 | 2,1 | 8,8 | (1,0—0,0012) = 0,998 | 12,80 | |
| Kondensationslok. 0,2 ata Gegendruck . | 16 | 400 | 73,0 | — | — | 26,6 | 29,0* | 65 | 6,5 + 0,5 | 40 | 11,3 | 376 | 0,887 | 12,20 | |
| Einheitslok. mit Rauchgasausnutzung | 16 | 400 | 73,0 | 85,0 | 88,0 | 18,7 | 21,1** | 75 | 0,9 | 40 | 1,7 | 7,2 | 0,9987 | 13,80 | |
| 25 at-Lok. mit Rauchgasausnutzung . . . | 25 | 400 | 71,7 | 85,0 | 88,0 | 20,8 | 24,0** | 75 | 1,1 | 40 | 2,1 | 8,8 | 0,998 | 15,70 | |
| Kondensation mit Rauchgasausnutzung | 16 | 400 | 73,0 | 85,0 | — | 26,6 | 29,0* | 65 | 6,5 + 0,5 | 40 | 11,3 | 376 | 0,887 | 14,65 | |
| Höchstdruck. Auspuff | 120 | 500 | 66,1 | — | — | 29,4 | 33,3** | 75 | 5,5 | 40 | 10,3 | 35 | (1,0—0,004) = 0,996 | 16,4 | |
| Turbo-Hochdruck. normale Leistung . . | 55 | 500 | 69,3 | 83,0 | 87,0 | 33,5 | 36,3* | 71 | 6 + 2 ¹⁾ ₈ | 40 | 14,2 | 350 | 0,858 | 19,1 | |
| Turbo-Hochleistungslok. 3000 PS | 70 | 500 | 68,3 | 82,0 | 85,5 | 34,4 | 37,2* | 74,5 | 6 + 1,4 ¹⁾ _{7,4} | 40 | 13,7 | 296 | 0,863 | 20,5 | |
| Lok. mit Kondensat. Höchstdr. Abdampfturbine für Hilfsm. . | 120 | 500 | 66,1 | 81,0 | 85,0 | 36,4 | 39,4* | 75,0 | 5,5 + 5,5 ²⁾ _{11,0} | 75 | 11,0 | 236 | 0,89 | 22,1 | |

Bemerkung: ¹⁾ Speisepumpe — ²⁾ 5,5 für Löffler-Verfahren + 5,5 für Kondensation.

ihrer als fahrbares Kraftwerk eigenen Merkmale liegen auf folgenden Gebieten:

1. Gewicht,
2. Betriebsbereitschaft und Bedienung,
3. Verbesserung des Wirkungsgrades der Kraftübertragung und Verminderung des Fahrwiderstandes.

Das Gewicht der heutigen Dampflokomotive beträgt etwa das 1,5- bis 1,6fache der elektrischen Lokomotive der gleichen Nennleistung. Das hat zur Folge, daß das Verhältnis der angetriebenen zu den nicht angetriebenen Achsen bei der Dampflokomotive sehr ungünstig liegt. Dies Verhältnis beträgt bei den modernen Schnellzuglokomotiven der Gattung 2 C 1 mit vierachsigem Tender 7:3. Es müßte daher bei der Dampflokomotive angestrebt werden, sämtliche Achsen anzutreiben, zumindest aber die Anzahl der Laufachsen auf das Maß herabzusetzen, das zur guten Lenkung der Maschine nötig ist. Es muß gelingen, die bei elektrischen Lokomotiven erreichten Achsfolgen 1 C 1 bzw. 1 B 1 für leichte bzw. schwere Schnellzuglokomotiven bei gleicher Leistungsfähigkeit auch bei der Dampflokomotive zu erreichen. Das ist dadurch möglich, daß

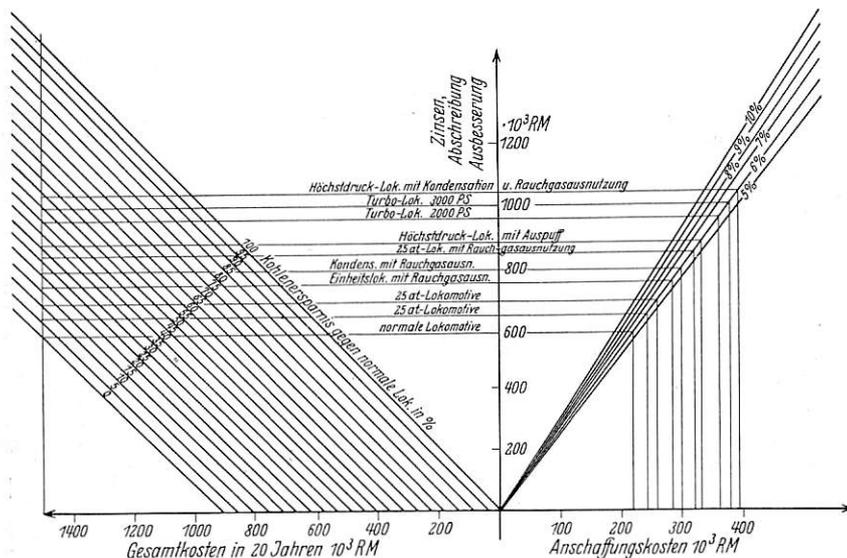


Abb. 14. Wirtschaftliche Anschaffungskosten in Abhängigkeit der Kohlenersparnis.

1. das Gewicht der Maschine an sich (Betriebsgewicht) stark herabgemindert wird,

2. daß das Betriebsstoffgewicht so wenig als möglich schwankend ist und sich auf alle Achsen gleichmäßig verteilt.

Das erstere läßt sich erreichen vor allem durch Verminderung des Kesselgewichtes, dessen Anteil z. B. bei Schnellzuglokomotiven ungefähr ein Drittel des Gesamtlokomotivgewichtes ohne Tender ausmacht. Eine Herabsetzung des Kesselgewichtes ist nur erreichbar, durch Erhöhung des spezifischen Wärmeüberganges und durch Verringerung des Wasserinhaltes. Dieser Weg wird gewiesen durch die modernen stationären Kesselbauarten, wie Benson- oder Velox-Kessel. Die Forderung der möglichst geringen Änderung des Betriebsstoffgewichtes kann nur erzielt werden durch Kondensationsmaschinen und durch Verwendung eines hochwertigen Brennstoffes.

Eine Steigerung der Betriebsbereitschaft der Maschine ist gegeben durch Zündungserleichterung des Feuers und Verminderung des Wasserinhaltes des Kessels. Dies letztere Mittel verlangt aber, um Leistungsschwankungen schnell begegnen zu können, unbedingt eine feinere Regelung der Dampferzeugung auf der Feuerseite durch selbsttätige Feuerung und Erhöhung der Abbrandgeschwindigkeit.

Feinregelung, leichte Zündbarkeit und hohe Abbrandgeschwindigkeit wird durch Ölverbrennung erzielt. Es wird

aber auch möglich sein, dieselbe Forderung angenähert bei Verwendung von Kohle zu erreichen, worüber entsprechende Versuche zur Zeit an der Technischen Hochschule in Danzig im Gange sind.

Zur Verminderung des Widerstandes bedarf es

1. einer Herabsetzung des Gewichtes,
2. einer günstigen äußeren Gestaltung, die bei hohen Fahrgeschwindigkeiten die bei weitem ausschlaggebende Rolle spielt.

Die Möglichkeiten der Herabsetzung des Gewichtes sind zuvor gezeigt. Zur Herabsetzung des Luftwiderstandes ist es nötig, den für hohe Fahrgeschwindigkeiten bestimmten Lokomotiven eine strömungstechnisch möglichst günstige Form zu geben. Wie weitgehend sich eine derartige Verkleidung auf den Fahrwiderstand auswirkt, geht aus Versuchen hervor, nach denen der Eigenverbrauch einer unverkleideten Lokomotive mit Schlepptender von 2000 PS_i Dauerleistung bei einer Fahrgeschwindigkeit von 150 km/h $N' = 670$ PS, also 30,3% der indizierten Leistung ausmacht. Durch Verkleidung des Fahrzeuges in der aus Windkanalversuchen ermittelten Form ließ sich dieser Widerstand bis auf 250 PS = 12,5% der Zylinderleistung herabsetzen.

Die letzte Möglichkeit zur Verbesserung der Lokomotive war die Weiterentwicklung der Kraftübertragung. Sie erfolgt zur Zeit durch Stangen, die aber gerade bei schnellfahrenden Lokomotiven infolge der auftretenden Massenkräfte einen schlechten Einfluß auf den Fahrzeugaufbau ausüben. Die Möglichkeiten der Weiterentwicklung liegen darin,

1. den zentralen Dampfmaschinenantrieb aufzugeben und Einzelachsenantrieb zu verwenden,
2. den Stangenantrieb zu verbessern.

Der Einzelachsenantrieb würde außer der Vermeidung der Stangen noch den Vorteil in sich tragen, daß bei ihm, ähnlich, wie heute im Kraftwagenbetrieb, je nach dem Leistungsbedarf eine oder mehrere Maschinen eingeschaltet werden und es dadurch möglich ist, bei verschiedenen Leistungen die Füllungsgrade gleichmäßiger und damit die Wirkungsgrade günstiger zu gestalten. Auf der anderen Seite treten jedoch durch den Mehrachsenantrieb erhebliche Verwicklungen und Mehrkosten auf, so daß die Erfolge dieses Weges zweifelhaft

erscheinen müssen. Die Verbesserungen des Stangenantriebes, der heutigen Kraftübertragungsform, können nur darin liegen, die Gewichte der Stangen kleiner zu machen. Das ist möglich durch Verminderung der Überlastung der Stangen und Erhöhung der Baustoffgüte. Die Überlastungen der Stangen stehen in Abhängigkeit vom Genauigkeitsgrad, der im Aufbau des Passungssystems aber nur durch höhere Gütegrade und Einstellungsmöglichkeit der Stangen erreicht werden könnte. Eine elastische Lagerung der Stangenlager zum Ausgleich auftretender Klemmungen und ein Schutz der Lager gegen Verschmutzung durch Einkapselung bieten weitere Verbesserungsmöglichkeiten.

Zusammenfassend zeigen die vorstehenden Betrachtungen, daß unsere hundertjährige Dampflokomotive keineswegs einen Kulminationspunkt ihrer Entwicklung erreicht hat und Maßnahmen, wie

1. Steigerung von Druck und Überhitzung gegenüber der Normallokomotive,
2. Erhöhung der Wasser- und Einführung der Luftvorwärmung,
3. Feinregelung der Kohlefeuerung durch selbsttätige Beschickung und Feinregelung der Kohlezufuhr bei gleichzeitiger Erhöhung der Abbrandgeschwindigkeit,
4. Verminderung des Wasserinhaltes des Kessels, die

durch Punkt 3 ermöglicht wird, und Erhöhung der Heizflächenbelastung,

5. Turbinen- oder Kolbenmaschinenantrieb mit Kondensation unter Anwendung einer Abdampfturbine zum Antrieb der Hilfsmaschinen,

6. Verminderung des Gewichts, insonderheit des Kesselgewichts zur Ersparnis an Laufachsen,

Dritte Internationale Schientagung vom 8. bis 12. September 1935 in Budapest.

Die Tagung wies einen regen Besuch auf. 25 Staaten waren beteiligt. Im Mittelpunkt der Vorträge und Erörterungen standen wieder die werkstofftechnischen Fragen der Schiene, also die Prüfung, die Herstellung, die Vermeidung der Brüche, die Abnutzung und das Schweißen. Konstruktive Fragen wurden wie bei früheren Tagungen nur insoweit behandelt, als sie in unmittelbarer Berührung mit den werkstofftechnischen Fragen standen.

M. Roš und A. Eichinger berichteten zunächst über Erfahrungen mit den Prüfverfahren. Im Vortrag wie in der Erörterung trat überwiegend die Ansicht zutage, die Kerbschlagprüfung sei nur mit Vorsicht und höchstens zur Unterrichtung anzuwenden. Dagegen erfreuen sich Versuche auf Pulsator-Biegemaschinen immer größerer Beachtung und werden zur Anwendung auch besonders bei Prüfung der Stoßschweißungen empfohlen.

Über Abnutzungsprüfung im Laboratorium sprach M. Spindel, Wien und stellte neue Ergebnisse an Forschungsstellen seinen bisherigen Erfahrungen gegenüber. Ein weiterer Beitrag lag vor von L. Szeless, Budapest, der Schienenstahl mit verschiedenem C-Gehalt, sowie solchen mit erhöhtem Si- und Cr-Gehalt auf der Verschleißmaschine MAN Spindel geprüft hatte. Die Steigerung der Abnutzungsfestigkeit bei C-Gehalten ab etwa 0,7% und bei Cr-Gehalt wurde dadurch erneut belegt.

K. Schönrock, Rheinhausen, gab Betrachtungen über die Wechselwirkung zwischen Radreifen und Schiene im Betrieb. Lehrreich waren die Kurvenbilder über die Eindrucksspannungen bei ruhender Last an der Berührungsfläche zwischen Rad und Schiene.

Zu erwähnen ist weiter unter den Prüfverfahren eine Zusammenstellung der Ergebnisse die H. H. Munro, Paris, über Schienenprüfung einzelner Schienenstrecken in Europa mit dem Sperrischen Wagen und zwar in Frankreich, Belgien, der Schweiz und Italien.

C. Teodorescu, Timisoara, hatte die Ergebnisse von Abnahmeprüfungen in einem Großzahlssystem verarbeitet und wies dabei nach, daß es zwecklos sei, die zulässigen Streubereiche für Zugfestigkeit, Dehnung und andere Eigenschaften unnötig stark einzuschränken.

E. H. Schulz, Dortmund, ermittelte die Höhe der Spannungen in Schienen und ihren Einfluß auf die Dauerbiegefestigkeit. Im Anlieferungszustand haben die Schienen an der Lauffläche Druckspannungen bis 12 kg/mm². Nach dem Befahren erhöhen sich diese auf 30 kg/mm². Ein nachteiliger Einfluß auf die Dauerbiegefestigkeit konnte jedoch nicht festgestellt werden. Für Zugspannungen vermutet der Bericht das Gleiche. Auch an kaltgerichteten Schienen sind in Übereinstimmung mit Gallik nachteilige Einflüsse nicht zu erwarten.

Über Herstellungsverfahren sprach Dr. R. Kühnel, Berlin. Sowohl bei Einstoff- als bei Zweistoff(verbund)-schienen sind besondere Vorrichtungen für die langsame Abkühlung der Schienen nach dem Walzen und für das Richten entwickelt, die in Abbildungen gezeigt wurden. Ein Werk hat ein besonderes Walzverfahren zur Vermeidung der Fußrisse entwickelt. Ein anderes hat eine besonders kaltebruchsichere Schiene in einer Zusammensetzung ähnlich dem St 52 hergestellt. Schienen mit gehärtetem Kopf haben sich weiterhin bewährt.

Über die Einzelheiten eines Schienenvergütungsverfahrens auf der Friedenshütte in Polen berichteten B. Absolon und F. Fetschenko.

Über die Herstellung von vanadinhaltigen Schienen (0,02% bis 0,5%) und solchen mit 12% Manganstahl auf dem ungarischen

ihren Wirkungsgrad wesentlich verbessern können. Die Lokomotive, das fahrbare Kraftwerk, sollte erst bis zu seiner besten Ausführungsmöglichkeit entwickelt sein, bevor die große Entscheidung fällt, ob stationäres oder fahrbares Kraftwerk die großen Aufgaben, vor denen unsere Eisenbahnen stehen, besser zu meistern vermag.

Staatswerk in Diosgyör gab J. Vietorisz, Budapest, einen Bericht, ebenso über die bei der Abnahme erzielten Güterwerte.

Das Verhalten der Schienen beim Richten behandelten S. Gallik und G. Hoensch, Budapest. Einen nachteiligen Einfluß stellten sie nicht fest.

Fr. Körber und Mehovar studierten das Verhalten walzener Schienen und stellten eine erhebliche Verbesserung des Werkstoffs der Schienen, vornehmlich der Dehnung und Zusammenziehung nach längerem Lagern von 4 bis 6 Wochen fest.

Über Abnutzung von Schienen sprachen M. Roš und A. Eichinger im zweiten Teil der eingangs genannten Vorträge.

Die geringste Abnutzung zeigen Zweistoffschienen aus Verbundstahl oder Verbundguß, bei denen lediglich der Kopf aus besonders hartem Werkstoff besteht. Dann folgen Einstoffschienen mit stärker vergütetem Kopf, hierauf naturharte Einstoffschienen und schließlich Einstoffschienen mit schwach vergütetem Kopf.

Das Verhalten von abnutzungsfesten Schienen auf ungarischen Staatsbahnstrecken war ebenfalls Gegenstand eines Vortrags und zwar von A. v. Ney, Budapest. Er kam in seinen Schlußfolgerungen für die ungarischen Staatseisenbahnen zu ähnlichen Ergebnissen wie Roš.

Zu erwähnen ist weiterhin in diesem Zusammenhang ein Bericht von G. Meucci, Rom, der Erfahrungen der Italienischen Staatsbahnen mit Manganstahlschienen (Mangangehalt 1,5 bis 2,4%) und mit Schienen mit gehärtetem Kopf enthält. Beide Arten von Schienen haben sich bewährt.

Über den Werkstoff der Flügelschienen und Herzstückspitzen sprach R. Walzel, Leoben. Beim Anlauf und Ablauf der Räder an die Weiche bzw. von der Weiche erhalten die spitz auslaufenden und Randteile dieser Schienen einen besonders starken Druck, dem der gewöhnliche Kohlenstoffstahl mit Zugfestigkeit von 70 bis 80 kg/mm² nicht gewachsen ist, so daß vor schnelle Verformung und Ausbröckelung eintritt. Nach Walzel hat sich nun für Flügelschienen bei den Österreichischen Bundesbahnen ein 2%iger Manganstahl mit 50 bis 100 kg/mm² Zugfestigkeit gut bewährt. Die Herzstückspitzen wurden in Öl vergütet. Die damit erreichte Steigerung der Streckgrenze um 100% verhinderte erfolgreich das vorzeitige Breitquetschen der Spitzen.

Zum Schweißen der Schienenstöße, zu dem sowohl Thermit als auch Gas- und Lichtbogenschweißung verwendet werden, sprachen verschiedene Redner. Für die Ungarischen Staatsbahnen L. Ruzitska. Sämtliche Schweißverfahren wurden versucht. Die Stöße liegen z. Z. in den Strecken unter Beobachtung. Für die Budapester Straßenbahnen sprachen D. Csilléry und L. Péter über lichtbogengeschweißte Stöße, außerdem G. v. Kazinczy über Biegeversuche an geschweißten Schienenstößen. Die Erfahrungen der Polnischen Staatsbahnen schilderte Th. Nowak, ferner führten P. Tulasz und F. Golling einen Film über einen gasgeschweißten Stoß vor und gaben begleitende Ausführungen. Schließlich sprach noch Z. Dobrowolski, Warschau, über Gas-schmelzauftragsschweißung von Schienenstößen, ebenso C. F. Keel, Basel, G. Meucci und P. Porcella berichteten schließlich über die Erfahrungen der Italienischen Staatsbahnen mit geschweißten Schienenstößen.

Die Vorträge und Erörterungen der Schientagung wird man noch Ende dieses Jahres in einem Buch herausbringen. Näheres ist beim Ungarischen Verband für Materialprüfung, Budapest XI Müegyetem zu erfahren. Dr. Kühnel.

Mineralöltagung.

Die Deutsche Gesellschaft für Mineralölforschung und die Brennkrafttechnische Gesellschaft hatten in Berlin vom 26. bis 28. September eine Tagung veranstaltet, die der Vorsitzende Prof. Dr. Ubbelohde mit dem Vortrag „Stand und Zukunftsaufgaben der Mineralölforschung“ einleitete, der dahin ausklang, daß die Lösung der Aufgabe, Deutschland in der Mineralölversorgung selbständig zu machen, heute nur noch eine Frage der Zeit ist. Auch Dr. E. R. Fischer, Berlin, kam in seinem Vortrag „Nationale Mineralölwirtschaft“ zu dem gleichen Ergebnis. Erforderlich sei, daß die Steinkohle und Braunkohle, an denen überreiche Vorräte vorhanden sind, in jeder Form nutzbar gemacht, der spezifische Verbrauch für die Verkehrsleistung herabgesetzt und Ersatztreibstoffe wie Sauggas, Stadtgas, Elektrizität für Benzin und Dieselöl mehr herangezogen werden. Das deutsche Erdöl bedeute die große Reserve für Notzeiten und habe vor allem der inländischen Erzeugung von Schmieröl zu dienen. Prof. Dr. Bentz, Berlin, schloß seinen Vortrag zur Beurteilung der Erdöhläufigkeit Deutschlands mit den Worten „Die Öllage Deutschlands ist besser als je“. Im Reichsbohrprogramm sind bisher 65 Bohrungen durchgeführt, weitere 30 sind im Gange und mindestens 15 noch für dieses Jahr geplant. Fünf neue Erdölfelder konnten nachgewiesen werden, wobei auch neue Lagerstättentyps festgestellt wurden. Gleichwohl handelt es sich zunächst um Aufschlußbohrungen, und zwar z. T. um recht tiefe Bohrungen, und die weitere Entwicklung müsse abgewartet werden. Die Erforschung der Erdschichten wird hierbei durch neue Verfahren unterstützt, die unnötige Bohrkosten ersparen.

Prof. Dr. Franz Fischer, Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung sprach zur „Benzinsynthese aus Wassergas für die Großversorgung Deutschlands mit Kraftstoffen“. Das von ihm zusammen mit H. Tropsch entwickelte Verfahren hat seine Betriebssicherheit, Ergiebigkeit und Wirtschaftlichkeit in der Ende 1934 von der Ruhrchemie A. G. in Betrieb genommenen Großversuchsanlage erwiesen, so daß jetzt der Bau von Fabrikationsanlagen beschlossen worden ist. Als Rohstoffgrundlagen eignen sich beliebige feste Brennstoffe und deren Koks oder Schmelzkoks. Die Ölerzeugung besteht zu $\frac{2}{3}$ aus Benzin (Kogasin). Daneben werden Flüssiggase (Gasol), Dieselöl, Paraffin und hochschmelzendes Ceresin als primäre Erzeugnisse erhalten. Durch Umwandlung der im Kogasin vorhandenen Olefine werden Schmieröle gewonnen, die sich besonders durch ihre hervorragenden Viskositätseigenschaften, Oxydationsbeständigkeit und Kältefestigkeit auszeichnen.

Die Wirtschaftlichkeit der Benzinsynthese hat eine große Unterstützung durch das Bubiag-Didier-Verfahren erhalten, das sich nach Dr. Thau in Kassel als Großversuchsbetrieb hervorragend bewährt hat. Eine Großanlage ist schon seit einigen Jahren für 75000 cbm Tagesleistung in Ungarn in Betrieb. Das Wassergas für die Benzinsynthese wird hierbei aus Brunkohlenbriketts in einem Prozeß erzeugt, ohne daß ein Überrest von Koks verbleibt, da der Anfall hiervon nach Vergasung zu Heizzwecken im Prozeß selbst verwendet wird.

Zur Schwelung von Braunkohle mit dem billigen Spülgasverfahren sind jetzt 38 Ofeneinheiten mit einem Gesamttagesdurchsatz von rund 10000 t Briketts im Bau. Die Ofeneinheit wurde auf einen Tagesdurchsatz von 250 bis 300 t Briketts vergrößert. Das anfallende Teer wird elektrisch abgeschieden und im I. G. Hochdruckverfahren auf Benzin verarbeitet. Das Leichtöl wird im Schleuderwascher von Feld aus den Schwelgasen

gewonnen. Auch die Schwelung der Steinkohle wird gefördert. Dr. Kühlwein, Essen, berichtet über Schwelversuchsergebnisse mit Saar-, Ruhr- und oberschlesischen Kohlen. Besonders wird die Ausnutzung der Sapropelkohlen für Schwelzwecke empfohlen.

Der Kohlenstaubmotor ist nach Dr. Wahl, Elbing, jetzt so weit im Hinblick auf Staubförderung, Verbrennung und Verschleißbekämpfung entwickelt, daß nur noch seine Bewährung im Dauerbetrieb erwiesen werden muß. Die Schichauwerft wird in absehbarer Zeit die ersten Kohlenstaubmotore auf den Markt bringen. Auch wird am kompressorlosen Staubmotor mit Erfolg gearbeitet.

Die andere Seite der Mineralölversorgung ist, Mineralöle zu sparen. Hier lagen Vorträge für die richtige Wahl des Kraftstoffs (Klopffestigkeit) zur Motorkonstruktion (Motor-Klopffestigkeit), zur Altölaufarbeitung, zum Graphitieren von Schmierölen, zum Alterungsvorgang durch Messung der Fluoreszenz, Farbtiefe, Farbtyp von Mineralölen, zu ölsparenden und öllösen Lagern, zur laboratoriumsmäßigen Bestimmung der Zetenzahl bei Dieselkraftstoffen statt der teureren motorischen im C. F. B.-Motor usw. vor.

Über die „Schmierung der Fahrzeuglager“ sprach Reichsbahnrat Dr. Ing. Garbers, Wittenberge. Die Steigerung der Fahrgeschwindigkeit und die Vergrößerung der Achsdrücke hat die spezifische Beanspruchung der Lager dauernd erhöht. An die Kühlung derartiger Lager werden besonders hohe Anforderungen gestellt, und Grundaufgabe des Fahrzeuglagerbaues (Gleitlager) ist es daher, neben einwandfreier Schmierung die spezifische Kühlleistung auf einen Höchstwert zu bringen. Die Ölung des Achsschenkels muß so reichlich sein, daß nicht nur ein dauernder und ununterbrochener Ölfilm zwischen Lagerschale und Achsschenkel sichergestellt ist, sondern daß darüber hinaus auch genügend Öl zur Kühlung des Achsschenkels vorhanden ist. Bei den Polsterlagern wurde die Saugfähigkeit der Schmierpolster erhöht. Bei der neuesten Ausführung bestehen die in das Ölbad eintauchenden Saugfäden aus geflochtenen Wollschläuchen, in die ein Baumwollfaden eingelegt ist. Ferner wurden Hanfnoppen eingewebt, die das unter der Einwirkung der Schenkeltemperatur übliche „Einbügeln des Polsterflors“ verhüten sollen. Mit diesen polstergeschmierten Lagern können D-Zugwagen bis zu Geschwindigkeiten von etwa 130 km/h einwandfrei laufen. In neuerer Zeit sind Versuche mit mechanischen Schmiervorrichtungen eingeleitet worden. Die Ölförderleistung dieser Lager ist sehr groß, die Kühlung durch das herumgeschleuderte Öl gut und die Betriebstemperaturen sind niedrig. Bei diesen Lagern wurde auch erstmalig die Dauerschmierung durchgeführt, deren Einführung das nächste und wichtigste Ziel auf dem Fahrzeuglagergebiet sein müsse. Diese bringt erhebliche Ölersparnis und das lästige Nachschmieren während des Betriebes entfällt. Die Dauerschmierung setzt die Verwendung eines Einheitschmieröles voraus, zu dem das Winteröl verwendet werden kann, das allerdings teurer ist als das Sommeröl. Bis zu einem gewissen Grade abgeschlossen erscheint die Entwicklung der Wälzlager im Fahrzeugbau. Diese sind konstruktiv sehr gut durchgearbeitet. Verwendet werden als Achslager meist Rollenlager. Die Dauerschmierung wird bei diesen bereits durchgeführt. Fett wie Öl sind hierzu gleichermaßen verwendbar, haben aber Vor- und Nachteile. Öl ist allerdings billiger als Fett. Die Zugkraftersparnis und damit die Leistungersparnis beläuft sich bei Verwendung von Gleitlagern mit mechanischen Schmiervorrichtungen auf etwa 1,5%, bei Rollenlagern auf etwa 3%.
Przygode VDI.

Persönliches.

Zentralinspektor Ing. Hans Rumpf,

Dezernent für Signal-, Sicherungs- und Fernmeldewesen bei der Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen ist am 1. Oktober 1935 in den dauernden Ruhestand getreten. Zentralinspektor Ing. Hans Rumpf wurde am 19. Mai 1874 in Wien geboren, studierte nach Beendigung der Mittelschule an den Technischen Hochschulen in Wien und Graz und trat am 5. März 1900 als Ingenieur-Assistent bei der vormaligen K. K. priv. Südbahngesellschaft ein. Nach Verwendung im

Brücken- und Unterbaubüro der Direktion Wien kam er 1902 zur Bahnerhaltungssektion Graz (Köflacher Linie), wo er nach kurzer Zeit Vorstandstellvertreter wurde. 1908 wurde er in gleicher Eigenschaft bei der Bahnerhaltungssektion Triest eingeteilt. Zwei Jahre später wurde er zum Betriebsinspektorat Innsbruck versetzt. 1912 übernahm er für den Bereich des Betriebsinspektorats Wien die Aufgaben des gesamten Schwachstrom- und Sicherungsdienstes. Durch diese Berufung kam Ing. Rumpf zum erstenmal mit dem

Gebiet in engere Berührung, dem er von nun an seine ganzen Kräfte widmen sollte und auf dem er führend geworden ist. Seine verdienstvolle Tätigkeit bei der genannten Stelle war Ursache, daß er 1923 zur Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen einberufen worden ist, wo ihm anfangs die Stellvertretung später die Leitung für das Arbeitsgebiet des Signal-, Sicherungs- und Fernmeldedienstes oblag.

Ing. Rumpf hat sein umfangreiches Fachwissen und seine ganze Arbeitskraft stets gerne und freudig in den Dienst des Vereines Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen gestellt. Er vertrat seine Verwaltung durch etwa ein Jahrzehnt in allen Fragen der Schwachstromtechnik und war Vorsitzender verschiedener Unterausschüsse, die sich mit Fragen aus diesem

Gebiet beschäftigten. So wurden unter seinem Vorsitz die Frage der Näherung von Starkstromleitungen an Fernmeldeleitungen und die Fragen der Rundfunkstörungen durch Bahnanlagen behandelt. Mit besonderem Eifer und mit viel Geschick betätigte er sich auch an der Neuaufstellung der Technischen Vereinbarungen und Grundzüge. Er wirkte hier an der Fassung der Abschnitte C (Fernmeldewesen und Signalwesen) und F (Schwachstromschutz und Kabelverlegung) führend mit.

Rumpf hat für den Verein Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen dauernde Werte geschaffen. Sein Scheiden aus dem Dienst wird nicht nur von seinen engeren Fachkollegen bedauert, sondern auch von allen, die Gelegenheit hatten, mit ihm zusammen zu arbeiten.

Rundschau.

Normung.

Vom deutschen Normenausschuß sind eine Reihe von Normen neu herausgegeben worden (Vertrieb: Beuth-Verlag, Berlin SW 19), von denen wir die wichtigsten aus dem Eisenbahnwesen nachfolgend anführen:

Lokomotivbau.

| | | |
|---------|------|---|
| Din Lon | 265 | Rohrstutzen. |
| „ „ | 276 | Lötnippel. |
| „ „ | 280 | Sechskant-Überwurfschrauben. |
| „ „ | 295 | Gerundetes Trapezgewinde. |
| „ „ | 389 | Halbblanke Sechskantmuttern mit Rundgewinde für Spannschlösser. |
| „ „ | 4016 | Blattfedern. |
| „ „ | 8052 | Umschaltahn zum Vorwärmer für Betriebsdruck bis 20 kg/cm ² . |

Eisenbahnwagenbau.

| | | |
|---------|---------------|---|
| Din Wan | 11 | Beschriftung der Zeichnungen. |
| „ „ | 2200 bis 2202 | Bolzen verschiedener Art und Größe. |
| „ „ | 6671 bis 6677 | } zweiachsige Kesselwagen ohne inneren Druck. |
| „ „ | 6679 bis 6680 | |

(Bremserhaus, Lademöglichkeit, genietete und geschweißte Kessel, Kesselbefestigungen, Kesseldom, Ablaßeinrichtungen, Dampfheizung).

Eisenbahnwesen.

| | | |
|-----------------|--------------------------|--------------|
| Din 1586 | (Ersatz für DIN WAN 231) | Splinte. |
| „ 5541 bis 5543 | | Blattfedern. |

Elektrische Bahnen.

Din VDE 3148 Keil Endklemmen.

Auch im Kraftfahrwesen sind für den Fahrzeugbau (Zug und Stoßvorrichtung, Fahrgestell, Bremsen, Reifen, Schmierung), die Motoren (Brennstoffanlage, Kühlanlage), für elektrische Maschinen (Batterie- und Magnetzündler, Lichtmaschinen), elektrische Leitungen (Licht und Anlasserleitungen, Befestigung von Leitungen, Hochspannungszündleitungen) Batterien (für Anlaßzwecke), Rohrleitungen (Verschraubungen), Schrauben und Muttern, endlich für Meßgeräte (Geschwindigkeitsmesser) eine größere Anzahl neuer Normen oder Ersatznormen erschienen. Weiterhin hat der Lokomotivnormenausschuß die Zusammenstellung der vereinheitlichten Benennungen für Dampflokomotivteile in einem Heft auf 63 Seiten und neun Tafeln in deutscher, englischer, spanischer, französischer und portugiesischer Sprache zusammengestellt (zu beziehen durch die Deutsche Lokomotivbau-Vereinigung, Berlin NW 7, Hermann-Göring-Str. 24 und durch den Beuth-Verlag G. m. b. H., Berlin SW 19, Dresdener Str. 97).

Von den Hauptgruppen Kessel, Triebwerk, Stopfbuchsen, Ausrüstung des Führerhauses, Blechrahmen, Barrenrahmen, Drehgestell, Lenkgestell und Einstellachse sind die Ausdrücke für rund 700 Teile erfaßt. Die Aufmachung als Bildwörterbuch ermöglicht es leicht für die in den Tafeln bildlich dargestellten

Teile die Ausdrücke in den fünf genannten Sprachen und insbesondere die deutschen Einheitsbenennungen aufzufinden.

Sailer.

Wichtige französische Südbahn elektrisch betrieben.

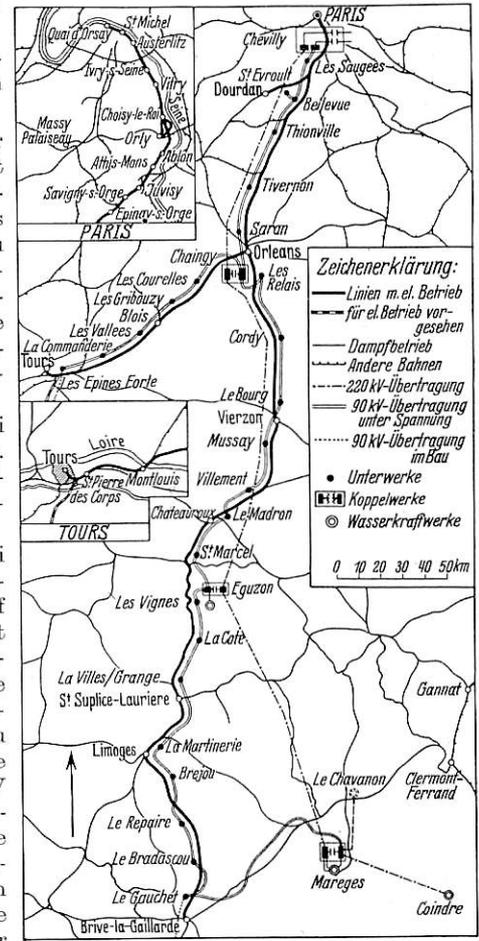
Die vereinigten Paris-Orleans-Midi-Bahnen haben ihren zweiten Elektrisierungsabschnitt vollendet. Mit dem Sommerfahrplan 1935 wurde der elektrische Betrieb auf der Strecke Vierzon—Brive auf 300 km Länge, Streckenbelastung 9 Millionen Tonnenkilometer im Jahr, eröffnet. Damit verfügen die POM jetzt insgesamt über 2250 Streckenkilometer=4750 Gleiskilometer mit elektrischem Betrieb.

Der Aufbau der Stromversorgung mit 220 kV- und 90 kV-Netz, 50 Hertz, ist aus der Übersichtskarte zu entnehmen. Der Abschnitt Eguzon—Vierzon der 90 kV-Linie ist schon seit Abschluß des ersten Umstellungsabschnittes der Bahn, seit Juli 1926, unter Spannung. Die von den Wasserkraftwerken des Südens kommende 220 kV-Linie ist bei Paris mit Dampfkraftwerken gekuppelt. Auf dem neuen Abschnitt speisen zwölf selbststeuernde Unterwerke mit je zwei Einankerumformergruppen zu 2.750 V in Reihe die Fahrleitung mit 1500 V Gleichstrom. Die Oberleitungsketten sind je Fahrtrichtung auf eigenen Stahlmastreihen mit 71 m Spannweite aufgehängt und in der Mitte zwischen je zwei Unterwerken über Hochleistungsschnellschalter unterteilt.

Die Einrichtungen der Umformerwerke, sowie die neuen Lokomotiven (2 Do 2 zu 3700/4100 PS und Bo-Bo zu 1400/1700 PS) und Triebwagen (1100 PS) sind genau gleich den bereits bei den POM bisher gebauten und verwendeten.

Sch—1.

(El. Ry. Traction vom 3. Mai 1935.)



Bücherschau.

Völker und Kulturen, von Urbeginn bis heute in vergleichender Darstellung. Von Direktor b. d. R. Max Strasser. Umfang 76 Seiten. Preis *R.M.* 2,20.

Der durch seine Tätigkeit im Verein mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen, im internationalen Eisenbahnverband, in deutschen und zwischenstaatlichen Ausschüssen manchem Kollegen bekannte Direktor bei der Reichsbahn, Max Strasser, hat seinen Ruhestand dazu benützt, unter Mitwirkung von Fachleuten ein Buch, „Völker und Kulturen“ zu schaffen, das der Menschheit Werden und Vergehen von Urbeginn bis heute in vergleichender Darstellung schildert. Auf knappstem Raum ist hier das Wesentlichste über Volk und Staat, Naturwissenschaften, Technik und Wirtschaft, Geisteswissenschaften, Religion und Kirche, sowie bildende Künste, schöne Literatur und Musik gesagt.

Das Buch zeugt von der Vielseitigkeit des Verfassers, der nicht nur Techniker ist, sondern ein offenes Auge für alle Bildungswerte mit seinem fachmännischen Wissen vereinigt. Ebenso wie auf dem Gebiet der politischen Geschichte ist es von besonderem Wert, die inneren Zusammenhänge der Kultur und ihre gegenseitige Beeinflussung zu studieren, wozu die gewählte Form des Tabellenwerkes besonders geeignet erscheint.

Was jeder von der Deutschen Reichsbahn wissen muß. Ein Überblick über Entstehung, Verfassung, Aufgaben und Wirken der Deutschen Reichsbahn. Von Dr. jur. A. Sarter, Reichsbahndirektionspräsident und Dr. jur. Th. Kittel, Reichsbahndirektor. 5. neubearbeitete, von der parteiamtlichen Prüfungskommission zum Schutze des N.S.-Schrifttums genehmigte Auflage. 70 Seiten. 1935. Preis *R.M.* 1,50 (für Reichsbahner Vorzugspreis).

Der nationalsozialistische Umbruch des Jahres 1933 hat die Stellung der Reichsbahn zum Staat grundsätzlich geändert. Ihre Aufgaben sind gewachsen, ihre Stellung zum Personal hat eine Umstellung erfahren; seit dem 1. März 1935 sind die Saarbahnen wieder deutsch und ein Bestandteil der Reichsbahn. Dies rechtfertigte die Herausgabe des Werkchens. Es behandelt in einer auch dem Laien willkommenen leicht faßlichen Form die rechtlichen Bindungen der Deutschen Reichsbahn, die Fragen über Finanz-, Wirtschafts- und Personalpolitik, die volkswirtschaftliche Bedeutung und die kaufmännische Betätigung der Reichsbahn, ihr Verhältnis zum Reich und ihre Betriebsorganisation.

Ein weiteres in der gleichen Richtung liegendes Werkchen betitelt sich: „Die Arbeit der Deutschen Reichsbahn“. Es ist bearbeitet und zusammengestellt von Hans Adolf Weber und Thomas Brecht und im Verlag der Beamtenpresse Berlin SW 60 erschienen. Es wendet sich vor allem an die Angehörigen der Deutschen Reichsbahn und gibt ihnen einen Aufblick auf die Organisation der Deutschen Reichsbahn und auf die Tätigkeit und das Arbeitsgebiet ihrer einzelnen Gliederungen abgestelltem Aufschluß. Nach einem Überblick über den Aufbau der Deutschen Reichsbahn ist die Arbeit der Hauptverwaltung mit ihren einzelnen Abteilungen erläutert, während ein anderer Abschnitt die Tätigkeit der Zentralämter behandelt. Die Reichsbahndirektionen, Oberbetriebsleitungen, Werbeamte und andere Stellen erfahren ebenfalls eine kurze Schilderung ihrer Bedeutung und Tätigkeit.

Kommentar zur Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung. Von Geh. Baurat F. Besser, Ministerialrat im Reichsverkehrsministerium. Vierte, erweiterte Auflage. Berlin 1934. Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. Ladenpreis geb. 7,50 *R.M.*

Die vierte Auflage des verdienstlichen Buches Bessers hat ihren bisherigen Rahmen gesprengt, der Kommentar hat sich

zu einem stattlichen Bande ausgewachsen. Neu hinzugekommen ist nämlich die „Bauordnung für Bahnanlagen und Fahrzeuge der Schmalspurbahnen des allgemeinen Verkehrs“. Diese Bauordnung ist am 24. Februar 1934 erschienen und bildet eine Schwestervorschrift zu der Bau- und Betriebsordnung. In etwas loserem Zusammenhange mit dem Kommentar stehen die gleichfalls angefügten „Bestimmungen über die Befähigung der Eisenbahnbetriebs- und Polizei-Beamten“.

Seit dem Erscheinen der Bau- und Betriebsordnung (1928) sind bereits 7 Änderungen verfügt worden, die 6. und 7. werden als Deckblätter zur vierten Auflage des Besserschen Kommentars geliefert. Vieles im Eisenbahnwesen ist eben in den letzten Jahren in raschen, frischen Fluß gekommen. Die neuen Fahrdienstvorschriften, die neue Signalordnung konnten nicht ohne Einfluß auf die Bau- und Betriebsordnung bleiben. Weiter mußten zahlreiche technische Neugestaltungen ihren Niederschlag in der BO finden, wie etwa die Übergangsbogen, die Kleinlokomotiven oder neue Grundsätze für Wegübergänge. Auf die Neugestaltung der „Technischen Vereinbarungen“ hat sich die BO bereits nach Möglichkeit eingestellt.

Es ist nicht ohne Reiz, die neuesten Fortschritte an der Hand des Besserschen Kommentars zu überschauen, da alles das, was in die BO Eingang findet, sozusagen amtlich als gesicherter Erfahrungsbestand anerkannt ist. Die Erläuterungen dazu bilden wertvolle Begründungen, so daß der Kommentar für jeden Fachmann, der den Dingen auf den Grund gehen will oder muß, geradezu unentbehrlich ist. Dr. Bloss.

Stahlbaukalender 1935, herausgegeben vom Deutschen Stahlbauverband Berlin, bearbeitet von Professor Dr. Ing. G. Unold, Chemnitz, mit 772 Abb. Berlin 1934, Verlag von Wilhelm Ernst und Sohn.

Wenn dieses Büchlein auch die Bezeichnung „Kalender“, führt, so ist damit keineswegs gesagt, daß es zeitgebunden ist. Vielmehr geht mit der Herausgabe desselben ein in den Reihen der Stahlbauindustrie langgehegter Wunsch in Erfüllung, für Baustatik und Stahlbau ein gedrängtes Nachschlagewerk zu schaffen und zu besitzen, das zwischen Formelsammlung und Lehrbuch steht und das dadurch nicht nur dem jungen Anfänger eine gute Anleitung, sondern auch dem erfahrenen Fachmann bei seinen Berechnungen, im Betrieb und auf der Baustelle eine nützliche Stütze sein soll.

Den wichtigen Sonderabschnitten: Baustatik, Grundlagen des Stahlbaues, Stahlbau sind die mehr allgemein gehaltenen Abschnitte: Mathematik, Allgemeine Statik, Elastizität und Festigkeit vorangestellt. Die „Grundlagen“ geben einen Überblick über die verschiedenen Vorschriften für die Werkstoffe des Stahlbaues, über die Belastungsannahmen und Berechnungsgrundlagen für den Stahlhochbau, sowie — was besonders hervorgehoben werden muß — einen Vergleich der wichtigsten deutschen und ausländischen Vorschriften. Der Brückenbau ist nicht berücksichtigt worden.

Der „Stahlbau“ und seine Einzelheiten sind am ausführlichsten behandelt, wobei Hinweise auf bestehende Vorschriften durch dicken seitlichen Strich gekennzeichnet und besonders hervorgehoben wurden. Bei der „Schweißung im Stahlbau“, deren Entwicklung die Schriftleitung als noch nicht abgeschlossen betrachtet, hat man sich lediglich auf die Wiedergabe der vorhandenen Normen beschränkt.

Stahlbauverband und Schriftleitung werden je nach dem Fortschreiten der Erfahrungen, Kenntnisse usw. bestimmte Abschnitte und Einzelheiten des Kalenders alljährlich ergänzen, erweitern oder neu behandeln, damit er alle Anforderungen, die der „Stahlbau“ an ihn stellt, vollauf erfüllen kann. Bach.

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle deutschen Buchhandlungen zu beziehen.

Der Wiederabdruck der in dem „Organ“ enthaltenen Originalaufsätze oder des Berichtes, mit oder ohne Quellenangabe, ist ohne Genehmigung des Verfassers, des Verlages und Herausgebers nicht erlaubt und wird als Nachdruck verfolgt.

Als Herausgeber verantwortlich: Direktor bei der Reichsbahn Dr. Ing. Heinrich Uebelacker in Nürnberg. — Verlag von Julius Springer in Berlin.
Druck von Carl Ritter G. m. b. H. in Wiesbaden.