

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

## Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Vizepräsident Ernst Harprecht, Berlin.

96. Jahrgang

1. April 1941

Heft 7

*Der Technische Ausschuß des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen hat mich nach Rücktritt des Abteilungspräsidenten a. D. Dr. Ing. Uebelacker mit der Herausgabe des Organs für die Fortschritte des Eisenbahnwesens betraut. Ich habe die Arbeiten übernommen und werde sie im gleichen Geist wie mein verehrter Vorgänger, der mir dank seiner Unermüdlichkeit einen reichen Stoff zur Verfügung gestellt hat, fortführen.*

*Ernst Harprecht.*

### Die Entwicklung des österreichischen Lokomotivbaues in den letzten vier Jahrzehnten \*).

Von Oberreichsbahnrat A. Lehner.

Mit dem Anschluß der österreichischen Republik an das Deutsche Reich wurden die österreichischen Bundesbahnen in die Verwaltung der Deutschen Reichsbahn übernommen. Damit hat eine Bahnverwaltung aufgehört zu bestehen, die auf eine ehrenvolle Geschichte zurückblicken kann. Entstanden durch die Vereinigung einer Reihe von Privatbahnen zu einem staatlichen Unternehmen, stellten die ehemaligen k. k. österreichischen Staatsbahnen und ihre Nachfolger, die deutsch-österreichischen Staatsbahnen, welche über Auftrag der seinerzeitigen Siegerstaaten ihren Namen ändern mußten und sich dann österreichische Bundesbahnen nannten, einen mächtigen Faktor im Wirtschaftsleben des Staates dar, der seinen Einfluß in technischer und wirtschaftlicher Beziehung weit über die Grenzen seines Heimatlandes ausübte. Es soll hier nicht die Geschichte der österreichischen Eisenbahnen behandelt werden, welche ja in Fachkreisen zur Genüge bekannt ist, sondern es sei hier nur ein kurzer Überblick über spezifisch österreichische Lokomotivkonstruktionen besonders der letzten 40 bis 50 Jahre gegeben und auch ausgeführt, welche Gründe die von anderen gleichzeitigen europäischen Konstruktionen oft vielfach abweichenden Bauformen bestimmten.

Die um die Jahrhundertwende im alten Österreich neben den k. k. österreichischen Staatsbahnen bestehenden Privatbahnen hatten ihre eigenen für ihre besonderen Strecken- und Betriebsverhältnisse zugeschnittenen Lokomotivtypen, von denen die Mehrzahl in ihrem Aufbau spezifisch österreichisches Gepräge hatten. Nur bei einer großen Bahnverwaltung, der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft, war deutlich der französische Einfluß auf die Konstruktion zu erkennen, der auf die in französischen Händen befindliche Leitung dieser Bahn zurückzuführen war. Einheitlicher gestaltete sich das Bild der österreichischen Lokomotiven erst, als sich der überragende Einfluß Karl Gölsdorfs, des Chefkonstruktors der k. k. österreichischen Staatsbahnen, auf die Formgebung der Lokomotiven immer mehr geltend machte. Gölsdorf war es vor allem, der die Vorteile der zweistufigen Dampfdehnung für den Lokomotivbetrieb richtig einschätzte und bei vielen, man kann wohl behaupten, bei weitaus den meisten seiner Lokomotivbauarten zur Anwendung brachte.

Die ersten Versuche mit Verbundlokomotiven wurden wohl schon vor Gölsdorf durch die Kaiser-Ferdinands-Nordbahn gemacht, doch waren deren Ergebnisse nicht befriedigend, so daß die Versuchsmaschinen wieder auf Zwillingswirkung umgebaut wurden. Im Jahre 1893 bauten die k. k. Staatsbahnen nach dem Entwurfe Gölsdorfs eine dreifach gekuppelte zwei-zylindrige Verbundlokomotive für Güterzüge (R. 59), welche sich im Betriebe so gut bewährte, daß sie bald in großer Zahl zur Nachbestellung kam. In ihrem Gesamtaufbau hatte diese Maschine das bei damaligen Güterzugslokomotiven gewohnte Bild. Niedrige Kessellage, den Stehkesselgründung zwischen den Rahmen und große Überhänge vorne und hinten. Doch hatte die Maschine bereits Innenrahmen und außenliegende Heusinger-Steuerung. Als Güterzugslokomotive machte sie noch bis in die letzten Jahre auf Nebenbahnen Dienst. Nach

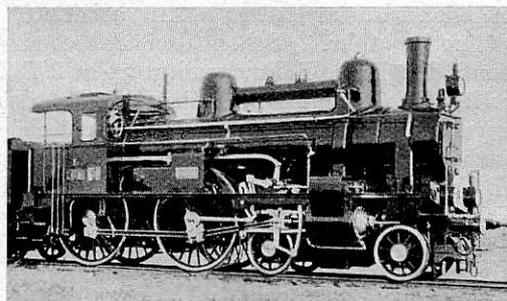


Bild 1. 2' Bn 2 v-Lokomotive R. 6.

Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Zell.

ähnlichen Gesichtspunkten, besonders in bezug auf die Kessellage, waren auch die damals verwendeten Personen- und Schnellzugslokomotiven gebaut. Auch sie weisen teilweise noch große Überhänge auf. Alle aber zeigen tiefe Kessellage und die damit zusammenhängende eingeeengte Feuerbüchse, obwohl man vielfach durch außenliegende Rahmen Platz für die Entwicklung der Stehkessel zu gewinnen versuchte. Den entscheidenden Schritt tat Gölsdorf, als er 1894 eine 2' B 2-Zylinder-Verbundschnellzugslokomotive herausbrachte (R. 6), Bild 1, welche damals durch ihre hohe Kessellage und schönen Formen allgemein Aufsehen erregte. Um den freien Raum zwischen den großen gekuppelten Rädern von 2100 mm Durchmesser für den Kessel unter Verwendung eines Innenrahmens möglichst ausnutzen zu können, setzte Gölsdorf den Stehkessel über den Rahmen und kam dadurch auf eine damals in Österreich noch nicht erreichte Kesselmittelhöhe von 2570 mm. Der Rahmen wurde vorn stark eingezogen, um den großen

\*) Nachdem der österreichische Lokomotivbau, der so wertvolle Beiträge zur Entwicklung der Lokomotiven lieferte, als abgeschlossen der Geschichte angehört, glauben wir dem letzten Vertreter des österreichischen Lokomotivbaues das Wort zu einem Rückblick auf die letzte Epoche geben zu sollen. Auf frühere Veröffentlichungen von Rihosek, Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1925, Seite 157, und dem Verfasser verweisen wir. Des Zusammenhangs wegen hat Verfasser seinen Überblick auf einen größeren Zeitraum ausgedehnt.

Niederdruckzylinder unterbringen zu können. Nennenswerte Überhänge, welche den Lauf der Lokomotive ungünstig beeinflussen könnten, wies die Maschine nicht auf. Vergleicht man sie mit den damals in Verwendung gestandenen österreichischen Schnellzugslokomotiven, so fällt außer der hohen Kessellage besonders der große Durchmesser der Kuppelräder auf. Mit einer einzigen Ausnahme, es war dies eine Lokomotive der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft, hatten alle damals in Österreich laufenden Schnellzugslokomotiven kleinere Treibräder, welche einen Durchmesser von 1900 mm nicht überschritten, meist aber erheblich unter diesem Maße blieben. Zur Achsenanordnung der neuen Maschine kann gesagt werden, daß man auf große geführte Länge Bedacht nahm. Letztere wurde damals bei österreichischen Schnellzugslokomotiven nur durch zwei 1'B1'-Bauarten französischen Vorbildes der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft übertroffen. Doch liegt bei diesen beiden Lokomotivtypen die Führung hauptsächlich an den vorlaufenden Laufachsen mit Keilrückstellung, während bei der 2'B-Lokomotive der k.k. österreichischen Staatsbahnen ein Drehgestell mit festem Zapfen die Führung der Maschine übernimmt. Der Erfolg dieser Gölsdorfschen Schnellzugslokomotive war ein durchschlagender. Sie wurde nicht nur in der Ebene, sondern auch auf den Hügellandstrecken in großer Zahl verwendet und war das Vorbild für eine ganze Reihe von 2'B-Schnellzugslokomotivbauarten, nicht nur der k.k. österreichischen Staatsbahnen, sondern auch von Privatbahnen. So baute die österreichisch-ungarische Staats-Eisenbahngesellschaft 1897 eine 2'B-Dreizylinder-Verbundlokomotive (R. 506) mit einem innenliegenden Hochdruck- und zwei außenliegenden Niederdruckzylindern. Die Achsstände waren fast vollkommen gleich jenen der vorbildlichen Maschine, die Kesselheizfläche war etwas größer. Diese Lokomotive kann wegen der Ausbildung ihres dreizylindrigen Verbundtriebwerkes als eine Fehlkonstruktion bezeichnet werden. Sie wurde auch bald in der Weise umgebaut, daß man den Hochdruckzylinder stilllegte und nur mit den beiden Niederdruckzylindern allein arbeitete, also als Zwillingslokomotive fuhr. Schon drei Jahre nach dieser Maschine baute die gleiche Bahnverwaltung eine 2'B-Zwillingslokomotive (R. 406), die in ihrem Aufbau deutlich das Vorbild Gölsdorfs erkennen läßt. Die k.k. österreichischen Staatsbahnen entwickelten im Laufe der Jahre die erste so gut gelungene 2'B-Type als Verbundlokomotive weiter und schufen von 1898 bis 1908 eine Reihe ähnlicher Lokomotivbauarten, von denen die letzte im Jahre 1908 gebaute als Heißdampfverbundlokomotive, die erste Heißdampflokomotive der Staatsbahn, ausgeführt wurde (R. 306).

Einen anderen Weg in der Konstruktion einer Schnellzugslokomotive schlug die Kaiser-Ferdinands-Nordbahn ein. Sie schuf für ihre ausschließlich in der Ebene liegende Strecke im Jahre 1895 eine 2'B1'2n-Lokomotive (R. 308), Bild 2 und damit die erste Atlantic-Maschine der Welt. Die Lokomotive erhielt noch Außenrahmen und einen noch zwischen die Rahmenplatten herabreichenden Stehkessel, der verhältnismäßig weit nach hinten zu liegen kam und daher eine rückwärtige Laufachse erforderte. Letztere war als Lenkachse nach Art der Wagenlenkachsen ausgebildet, erst die späteren Lieferungen dieser Maschine erhielten rückwärtige Laufachsen nach Bauart Adams mit Innenlagern. Die Lokomotive zeichnete sich durch sehr ruhigen Lauf auch bei 100 km Stundengeschwindigkeit aus. Die letzte Lieferung dieser Bauart erhielt Dampftrockner nach Bauart der österreichischen Staatsbahnen, eine Zutat, welche sich keineswegs günstig auswirkte, da dadurch die ohnehin nicht sehr große dampferzeugende Heizfläche von 168,9 m<sup>2</sup> auf 129,5 m<sup>2</sup> gebracht wurde, ohne eine nennenswerte Überhitzung des Dampfes zu erreichen. Dieser Dampftrockner, der eine Weiterentwicklung des Cramford-Clench-Dampftrockners

war, wurde bei vielen Lokomotivbauarten der k. k. Staatsbahnen und auch bei einigen Lokomotiven der Privatbahnen noch bis 1910 angewendet, also noch zu einer Zeit, als schon der Schmidtsche Überhitzer seinen Eingang bei den meisten Bahnverwaltungen gefunden hatte. Der Grund für dieses Verhalten ist wohl darin zu suchen, daß man in Österreich das Verbundsystem sehr gut durchgearbeitet hatte und dieses auch zur vollen Zufriedenheit auf Lokomotiven der verschiedensten Verwendungszwecke zur Anwendung brachte und dabei auf gut dichtende Flachschieber nicht verzichten wollte. Außerdem scheute man mit Rücksicht auf die Abdichtungsfrage hohe Dampftemperaturen, zumal eine große Zahl von neueren Lokomotivbauarten durch Fortentwicklung älterer Bauarten entstanden waren und man dabei so viel als irgend möglich Teile dieser Ausgangsbauarten zu verwenden trachtete. Diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, daß man vielfach an der äußeren Einströmung festhielt, was die Scheu vor hoch überhitztem Dampfe verständlich macht, da man damals noch kein für hohe Temperaturen geeignetes Packungsmittel für Schieberstangenstopfbuchsen kannte. Nur einzelne Privatbahnen machten das Experiment mit Dampftrocknern nicht mit, sondern schufen Heißdampflokomotiven ohne Rücksicht auf schon in ihrem Dienste stehende Naßdampfmaschinen. Dabei wurden alle für Heißdampf gültigen Konstruktionsgrundsätze

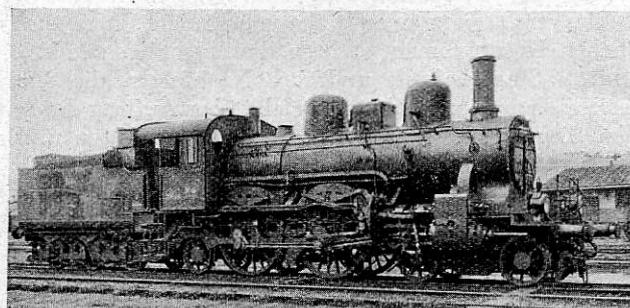


Bild 2. 2'B1'2n-Lokomotive R. 308.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Zell.

beachtet. Die 2'B1'-Lokomotive wurde in Österreich in größerer Stückzahl nur von der Kaiser-Ferdinands-Nordbahn gebaut. Eine Lokomotivtype gleicher Achsfolge jedoch mit Zweizylinder-Verbundtriebwerk nahm 1901 die österreichische Nordwestbahn in Betrieb. Als Vierzylinder-Verbundlokomotive stellte im gleichen Jahre die k. k. Staatsbahn eine 2'B1'-Maschine (R. 108) in Dienst, welche auch von der österreichischen Südbahn ohne nennenswerte Änderungen übernommen wurde. Diese durch ihre schönen Formen zu ihrer Zeit viel bestaunte Lokomotive zeichnete sich durch ihren außergewöhnlich ruhigen Lauf aus. Man erreichte mit ihr Geschwindigkeiten bis zu 140 km in der Stunde. Bestimmt war sie zur Beförderung der Bäderzüge zwischen Wien und Karlsbad, kam aber später wegen ihrer sehr guten Kesselleistung auf den verschiedensten Flachlandstrecken besonders im Norden der alten Monarchie zur Verwendung. Wie schon bei der 2'B-Schnellzugslokomotive hat Gölsdorf auch bei der 2'B1'-Maschine den Stehkessel über den Rahmen gestellt und konnte dadurch bei Verwendung eines steifen Innenrahmens den Rost auf die durch die hohen Treibräder noch zulässige Breite bringen. Wie bei allen österreichischen Atlantic-Lokomotiven war auch bei dieser der Drehgestellzapfen als fester Zapfen ausgebildet. Die rückwärtige Laufachse nach Bauart Adams hatte Innenlager und keine Rückstellvorrichtung, was sich aber in keiner Weise ungünstig auf die Ruhe des Laufes auswirkte.

Für die Wiener Stadtbahn, deren Betrieb die k. k. österreichischen Staatsbahnen zu führen hatten, bauten diese im

Jahre 1895 eine 1'C1'n 2 v-Tenderlokomotive (R. 30). Die ungünstige Linienführung dieser Bahn mit ihren kleinen Bogenhalbmessern und ihren starken Steigungen, welche häufig unmittelbar hinter Haltepunkten ansetzen sowie die Forderung hohen Beschleunigungsvermögens verlangten eine Lokomotive hoher Zugkraft und führenden Laufachsen vorn und hinten. Der Achsstand mußte so gewählt werden, daß die Maschine noch Bogen von 100 m Halbmesser ohne Zwang durchfahren konnte. Bei einem Gesamtachsstand von 7700 mm erhielt die Lokomotive einen festen Achsstand von nur 2900 mm. Die beiden Laufachsen sind Adamsachsen ohne Rückstellung. Die Kesselabmessungen sind mit Rücksicht auf die eigenartigen Betriebsverhältnisse mit den kurzen Fahrstrecken und den vielen Haltepunkten reichlich zu nennen. Wie der Kessel der 2'B-Schnellzugslokomotive der k. k. Staatsbahnen zeigt auch jener der Stadtbahnmaschine zwei durch ein weites Rohr miteinander verbundene Dampfdomes, eine Einrichtung, welche sich bald in ganz Österreich durchsetzte und ihren Grund in den stark wechselnden Neigungsverhältnissen der meisten österreichischen Strecken hat, die große Dampf Räume als sehr vorteilhaft erscheinen lassen. Hier sei auch erwähnt, daß man in Österreich aus dem gleichen Grunde grundsätzlich alle Dampfarmaturen an Leitungen legte, welche den Dampf vom höchsten Punkte des Dampfdomes entnahmen. Auch war man meist gezwungen, Feuerbüchsen mit geneigten Decken zu bauen und allgemein Sicherheitsschrauben (Schmelzpfropfen)

(R. 160) ausgeführt. Beide Abänderungen bewährten sich keineswegs, da die vermeintlichen Verbesserungen auf Kosten der Verdampfungheizfläche gemacht wurden. Die österreichischen Privatbahnen bauten nach Vorbild der Naßdampfmaschine der Staatsbahnen eine Reihe zum Teil sehr leistungsfähiger 1'C-Lokomotiven, von denen hier nur die Lokomotive der österreichisch-ungarischen Staatseisenbahn (R. 560) und die Lokomotive der österreichischen Nordwestbahn (R. 360), welche sowohl als Zwillings als auch als Verbundlokomotiven ausgeführt wurden, erwähnt seien. Die österreichische Nordwestbahn baute auch die 1'C-Type als Zwillingsheißdampflokomotive (R. 460), ohne jedoch die dämpferzeugende Heizfläche in einem Maße zu verkleinern, das den Nutzen des Heißdampfes illusorisch machen würde.

Für schwere Schnellzüge in der Hügellandstrecke reichten bei den steigenden Verkehrsansprüchen, die Ende des verflorenen Jahrhunderts in Österreich allgemein verwendeten zweifach gekuppelten Schnellzugslokomotiven nicht mehr aus. Gölsdorf schuf daher im Jahre 1898 eine für die damalige Zeit außergewöhnlich starke dreifach gekuppelte Zweizylinder-Verbund Schnellzugslokomotive mit vorlaufendem Drehgestelle (R. 9), welche auch von der österreichischen Südbahn für die Pustertallinie bestellt wurde. Die Lokomotive erhielt noch Außenrahmen und einen zwischen den gekuppelten Rädern liegenden Stehkessel. Der Kessel selbst zeigt sehr günstige Abmessungsverhältnisse, so beträgt das Verhältnis

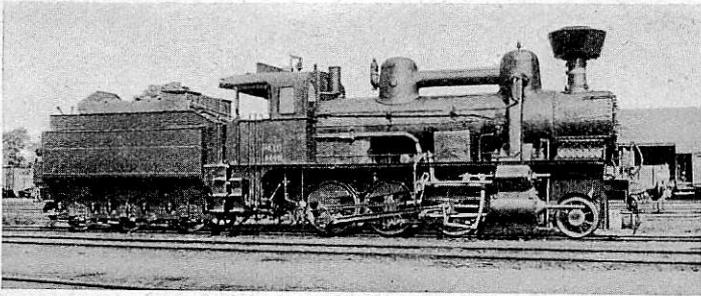


Bild 3. 1'C n 2 v-Lokomotive R. 60.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

zu verwenden. In der Konstruktion der Stadtbahnlokomotive sehr ähnlich ist die im gleichen Jahre von den k. k. österreichischen Staatsbahnen gebaute 1'C-Zweizylinder-Verbundlokomotive für Güterzüge (R. 60), Bild 3, welche auch von Privatbahnen übernommen wurde und das Vorbild für eine Reihe von Güterzugslokomotivkonstruktionen für ganz Österreich war. Sie entstand in einer Zeit, in der eine Umstellung der Bauart der Güterzugslokomotiven schon mehr als spruchreif war. Fast alle Bahnen verwendeten damals als Normaltypen für ihre Güterzüge dreifach gekuppelte Zwillingslokomotiven ohne Laufachsen mit meist sehr beträchtlichen Überhängen vorne und hinten. Größere Geschwindigkeiten als durchschnittlich 40 bis 50 km in der Stunde waren von derartigen Fahrzeugen nicht zu verlangen. Nur die Kaiser-Ferdinands-Nordbahn machte im Jahre 1893 den Versuch, eine Güterzugslokomotive mit vorlaufender Deichselachse in Dienst zu stellen (R. 260), doch hatte diese Maschine, welche bis zum Jahre 1908 in großer Stückzahl gebaut wurde, noch tief liegenden, zwischen den Innenrahmen eingeklemmten Kessel. Auch hatte dieser bei ungefähr gleich großer Heizfläche eine kleinere Rostfläche als jener der Staatsbahnlokomotive, der wieder der Hügellandstrecke angepaßt war und daher eine gewisse Überlastbarkeit haben mußte. Die 1'C-Verbundlokomotive der k. k. Staatsbahnen bewährte sich im Betriebe gut und wurde im Laufe der Jahre in vielen Stücken nachgebaut. Ein Teil dieser Lokomotiven erhielt den Staatsbahn-Dampftrockner, ein Teil wurde als Heißdampfverbundlokomotiven

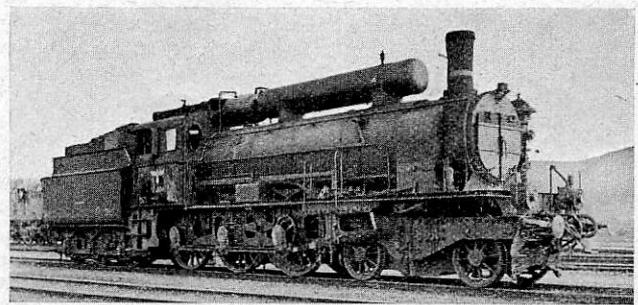


Bild 4. 2'C h 2-Lokomotive R. 409.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

von wasserberührter Heizfläche zur Rostfläche 67. Erstere ist reichlich bemessen. Unschön wirkt bei dieser Lokomotive der große in Form eines längsliegenden Zylinders ausgebildete Dampfsammler, der sich aber im Betriebe gut bewährte. Das innenliegende Triebwerk ist wohl ein Unikum in Österreich geblieben und wies von Haus aus einige konstruktive Mängel auf, welche die Lokomotive empfindlich für hohe Beanspruchung machten. Erst durch den Umbau der Maschinen auf Heißdampf-Zwillings wurden diese Mängel, insbesondere durch den Einbau kugeliger Kreuzkopfszapfen behoben (R 409) Bild 4. Die Lokomotiven erhielten dabei auch Lentz-Ventilsteuerung nach Bauart österreichische Bundesbahnen. Der Umbau war ein voller Erfolg, der die Leistung der Lokomotive bedeutend steigerte und ihre Wirtschaftlichkeit erhöhte, so daß sie den gesteigerten Anforderungen vollkommen entsprechen kann und heute noch zur vollen Zufriedenheit in Dienst steht. Schon vor Schaffung dieser bewährten Lokomotivtype bauten sowohl die österreichische Nordwestbahn, als auch die österreichische Südbahn 2'C-Lokomotiven, welche aber in bezug auf Leistung der Staatsbahnmaschine nachstanden. In den folgenden Jahren, und zwar bis zum Jahre 1914 wurden von den österreichischen Privatbahnen zahlreiche 2'C-Schnellzugslokomotivtypen geschaffen, von denen hier nur die im Jahre 1910 zur Ablieferung gelangte Südbahnmaschine (R. 209), Bild 5, kurz beschrieben sei. Diese Lokomotive wurde als Heißdampfzwillingsmaschine gebaut. Ihr großer Kessel liegt über dem Rahmen und über den Rädern, so daß

die Rostbreite in keiner Weise durch das Fahrgestell beeinflußt ist. Das Kesselmittel liegt 3000 mm über Schienenoberkante und war seinerzeit das höchste an österreichischen Maschinen vorkommende. Der Raddurchmesser von 1740 mm war den Strecken- und Geschwindigkeitsverhältnissen der Südbahn gut angepaßt. Ebenso der Zylinderdurchmesser und Hub. Die Lokomotive, entworfen von der Maschinenfabrik der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft, hat sich im Betriebe sehr gut bewährt und auch wärmewirtschaftlich gut abgeschnitten. Sie wurde auch von der ungarischen Südbahn bestellt und bewährt sich auf deren Linien gut. Diese Südbahn type bildet das Vorbild für Lokomotivtypen, sowohl drei- als auch vierfach gekuppelte, welche alle von der gleichen Fabrik für die österreichische Südbahn gebaut und auch nach Gölsdorfs Tode von den österreichischen Staatsbahnen bestellt wurden.

Auf den vielen österreichischen Gebirgstrecken wurden Ende des verflorbenen Jahrhunderts die Züge mit vierfach gekuppelten Naßdampfzwillingslokomotiven befördert. Solche Maschinen kamen auch im Hügellande zur Verwendung. Ihre Höchstgeschwindigkeit war meist sehr beschränkt und betrug nur bei wenigen Bauarten mehr als 45 Stundenkilometer. Im Jahre 1897 baute Gölsdorf für die k. k. Staatsbahnen eine

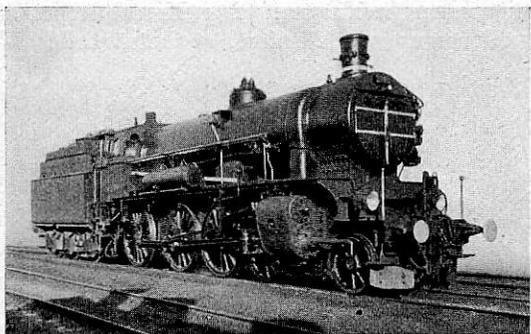


Bild 5. 2'Ch2-Lokomotive R. 209.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Zell.

große leistungsfähige 1'D-Güterzugslokomotive für Gebirgstrecken (R. 170), Bild 6, die sich sehr gut bewährte und auch in großer Stückzahl bis in den Weltkrieg hinein beschafft wurde. Diese verwendbare Zweizylinder-Naßdampfverbundlokomotive war wieder das Vorbild für verschiedene Neukonstruktionen. Ihr sehr leistungsfähiger Kessel liegt über dem Rahmen und Rädern. Seine große Rohrlänge von 5000 mm erregte seinerzeit viele Bedenken wegen Dichthaltens der Einwalzstellen. Doch waren diese Bedenken in keiner Weise gerechtfertigt, was auch die heute verwendeten viel längeren Rohre in Lokomotivkesseln beweisen. Die Höchstgeschwindigkeit der Lokomotive wurde mit 60 km in der Stunde festgesetzt, also ein bedeutender Fortschritt gegenüber ihren Vorgängerinnen im gleichen Dienste. Im Jahre 1917 wurde die Lokomotive als Heißdampfzwillingsmaschine (R. 270) von den k. k. österreichischen Staatsbahnen beschafft. Im wesentlichen ist diese Maschine vollkommen gleich mit der Naßdampfverbundlokomotive. So sind vor allem bei beiden Bauarten die Triebwerke einander gleich. Bei Schaffung der Heißdampfmaschine änderte man nur jene Teile, deren neue Formgebung durch den Heißdampf bedingt wurde. Die Außenkantsteuerung der Schieber wurde beibehalten, was durch die Beibehaltung der Radsätze geboten war. Auch die Heißdampfausführung der 1'D-Güterzugslokomotive bewährte sich gut und wurde in großer Zahl außer für Österreich auch für verschiedene ausländische Bahnverwaltungen beschafft. Die Erfahrungen, welche mit der 1'D-Verbundlokomotive besonders bezüglich der Bogenläufigkeit gemacht wurden, gaben die Grundlage

für eine schwere Gebirgslokomotive mit fünf gekuppelten Achsen, welche im Jahre 1900 von den k. k. Staatsbahnen gebaut wurde und deren Schöpfer wieder Gölsdorf war. Es erübrigt sich, diese Maschine, welche als R. 180, Bild 9, internationalen Ruf errang, hier näher zu beschreiben, da sie wohl als allgemein bekannt vorausgesetzt werden darf. Gölsdorf hat bei dieser Lokomotive durch die seitenverschieblichen Achsen, es sind dies die erste, dritte und fünfte Achse, eine außerordentlich gute statische Kurveneinstellung erhalten. Auch bei der vorher angeführten 1'D-Lokomotive waren die erste, dritte und fünfte Achse verschiebbar, doch ist bei ihr die erste Achse eine vor den Zylindern liegende Adamsachse, während es sich bei der E-Lokomotive (R. 180) ausschließlich um angetriebene Achsen handelt. Der angewendeten Anordnung der verschiebbaren Achsen zuliebe war es nötig, die vierte Achse als Treibachse zu wählen. So gut die statische Einstellung dieser Maschine war, so ungünstig war ihr dynamisches Verhalten beim Lauf in der Geraden und im Bogen, so daß man später zur Festlegung der letzten Achse schreiten mußte. Diese Maßnahme wurde auch bei den 1'D-Lokomotiven notwendig. Die E-Lokomotive mit zweistufiger Dampfdehnung wurde auch mit Clench-Dampftrockner und mit Receiver-Überhitzer gebaut, beide Einrichtungen haben sich auch hier nicht bewährt. Die Leistungen der Lokomotiven befriedigten vollauf. Es lag daher nahe, dieser gelungenen Lokomotivtype die Vorteile des Heißdampfes zukommen zu lassen und so entstand 1909 die E-Heißdampf-

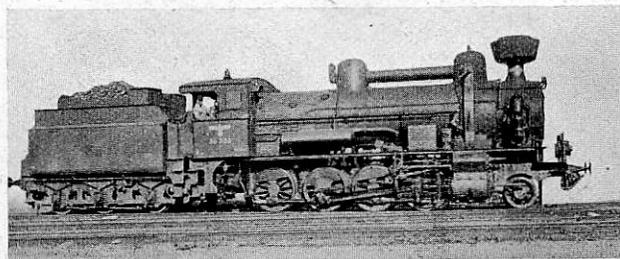


Bild 6. 1'Dn2v-Lokomotive R. 170.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

lokomotive R. 80, welche sowohl mit zweistufiger als auch in überwiegender Anzahl mit einstufiger Dampfdehnung gebaut wurde. In letzterer Form fand die Maschine in großen Stückzahlen auch im Auslande, besonders in Frankreich Verbreitung. Nach dem Vorbilde dieser Lokomotive baute die österreichische Südbahn im Jahre 1921 eine E-Heißdampfzwillingslokomotive (R. 480) für den Dienst auf der Semmeringstrecke. Dabei machte man sich aber schon die mit den Staatsbahnmaschinen gemachten Erfahrungen zunutze und wählte statt der vierten die dritte Achse als Treibachse, die daher auch kein Seitenspiel erhielt. Die meisten Zwillingslokomotiven der R. 80 wurden nach 1920 auf Lentz-Ventilsteuerung umgebaut. An dieser Reihe wurden seitens der österreichischen Bundesbahnen die ersten größeren Versuche mit dieser Steuerung vorgenommen, die schließlich damit endeten, daß die Bahnverwaltung eine eigene Bauart dieser Steuerung herausbrachte, welche im Laufe der folgenden Jahre bei allen Neubaulokomotiven, nur wenige ausgenommen, zur Anwendung kam. An diesen Maschinen wurden auch die ersten Vorwärmer mit Fahrpumpe — Bauart Dabeg — versucht und entwickelt. Die mit diesen Apparaten erzielten Erfolge waren so gute, daß man sich entschloß, diese Vorwärmerbauart auf einer großen Zahl von Lokomotiven verschiedenster Bauarten zum Einbau zu bringen. Mit diesem Entschlusse ging man wohl zu weit, da man Vorwärmer auch auf Maschinen unterbrachte, die zufolge ihrer Betriebsverwendung fast nie einen Beharrungszustand unter Belastung erreichten und daher auch wenig Nutzen aus den Vorteilen eines Vorwärmers ziehen konnten. Von Österreich fanden

sowohl die Ventilsteuerung, jedoch in abgeänderter Form, als auch die Kondensationsvorwärmer mit Fahrpumpe, in größerer Menge in Frankreich und Spanien Eingang.

Für die Hügellandstrecken bauten die österreichischen Staatsbahnen im Jahre 1905 wieder nach Gölsdorfschem Entwurf eine 1'C1'-Vierzylinder-Verbundschnellzugslokomotive (R. 110), Bild 7, welche zunächst Naßdampfkessel erhielt.

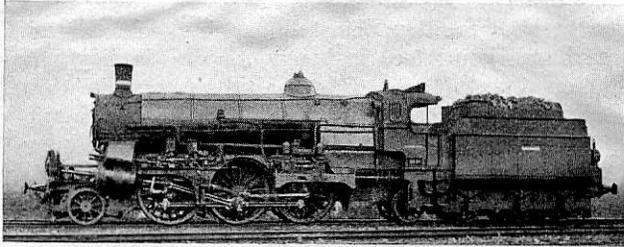


Bild 7. 1'C1'n4v-Lokomotive R. 110.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

Man hat mit dieser Maschine seitens der Staatsbahnen endgültig die 2'C-Achsfolge aufgegeben, was seinen Grund darin hatte, daß man mit dem Achsdruck sehr beschränkt, und wegen der Verwendung der nordböhmischen Braunkohle auf große Rostflächen angewiesen war. Durch die 1'C1'-Bauweise mit vorderer und hinterer Adamsachse konnte das Gewicht eines Drehgestellrahmens eingespart und zur Vergrößerung des Rostes freigemacht werden. Die gewählte Bauart ermöglichte auch die Ausbildung eines tiefen, breiten Stehkessels, der ganz hinter die gekuppelten Räder zu liegen kam. Eine Nachbestellung dieser Lokomotiven erhielt Clench-Dampftrockner. Die Maschinen bewährten sich im Gebirgsdienst und im Hügelland, so daß man auch weiterhin diese Bauart beibehielt, sie jedoch als Heißdampfmaschinen mit Schmidtschem Überhitzer ausführte. Die gleiche Achsenfolge wählte man auch, als man daranging, eine Personenlokomotive zu schaffen und eine solche 1907 als Zweizylinder-Verbundlokomotive (R. 329) mit Dampftrockner herausbrachte. Diese Lokomotive war wohl in Österreich schon zur Zeit ihres Entstehens überholt, da bereits andere Lokomotiven im Bau waren, die der Naßdampfverbundlokomotive durch ihr Heißdampfwillingstriebswerk weit überlegen waren. Es sei hier nur auf die 1'C-Heißdampfwillingslokomotive der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft (R. 228) verwiesen, welche sowohl günstigere Kessel- als auch Triebwerkabmessungen aufweist und daher auch bedeutend wirtschaftlicher war.

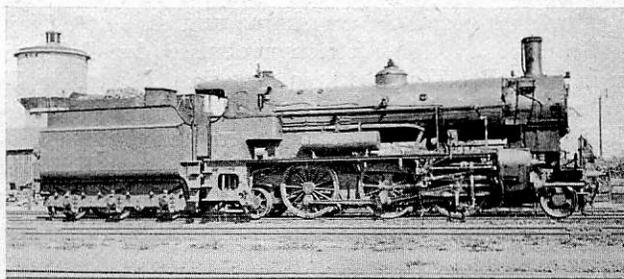


Bild 8. 1'C1'h2v-Lokomotive R. 429.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

Aus der 1'C1'-Naßdampfverbundmaschine entwickelte man bald eine Heißdampfverbundlokomotive, welche 1909 in Dienst gestellt wurde. Bei dieser neuen Type behielt man wieder das gesamte Laufwerk der Naßdampfmaschine bei. Die neue Lokomotive (R. 429), Bild 8, wurde in großer Zahl sowohl mit einstufiger als auch mit zweistufiger Dampfdehnung bis zum Jahre 1918 beschafft und bildet heute noch den

Grundstock für den Personenzugdienst auf den Linien der Ostmark.

Für die D-Züge im Hügelland und in der Ebene verwendeten die österreichischen Staatsbahnen entweder die 2'Bn2v oder auch 2'B1'n4v-Lokomotive Gölsdorfscher Bauart. Schwere D-Züge mußten mit Vorspann befördert werden, da das Reibungsgewicht der zweifach gekuppelten Maschinen nicht ausreichte und die Höchstgeschwindigkeit der 1'C1'-Schnellzugslokomotive der Reihen 110 und 10 für diese Züge zu gering war. Das Bedürfnis nach einer leistungsfähigeren Schnellzugmaschine war demnach vorhanden. 1908 baute die genannte Bahnverwaltung eine 1'C2'-Naßdampf-Vierzylinder-Verbund-Schnellzugslokomotive (R. 210), Bild 9, mit einem vorderen Krauß-Helmholtz-Drehgestelle und einem rückwärtigen zweiachsigen Deichselgestell. Der große Treibraddurchmesser von 2100 mm und der reichlich bemessene Kessel erlaubten der Maschine die geforderte Höchstgeschwindigkeit von 100 km in der Stunde bei einer noch beachtenswerten Zughakenleistung dauernd einzuhalten. Die Achsenanordnung, welche damals in Europa erstmalig gewählt wurde, bietet gegenüber der zu gleicher Zeit bei anderen europäischen Bahnverwaltungen angewendeten 2'C1'-Bauform den Vorteil, einen tiefen, breiten und einfach gebauten Stehkessel ohne Zwang unterbringen zu können, hat aber andererseits den

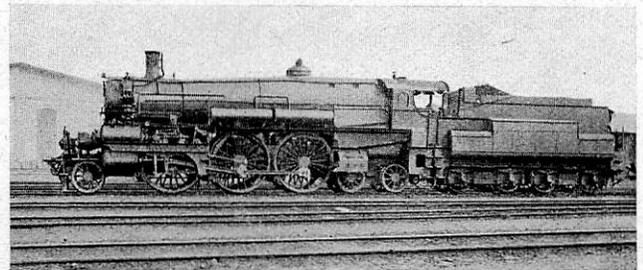


Bild 9. 1'C2'n4v-Lokomotive R. 210.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

Nachteil größeren Rahmengewichtes, da man außer dem rückwärtigen Deichselgestell auch das vordere Krauß-Helmholtz-Drehgestell in Rechnung stellen muß. Ausschlaggebend für die Achsfolge war in diesem Fall die Ausbildung des Stehkessels, der wegen Verwendung leichterer Kohlsorten eine große Rostfläche verlangte. Im Jahre 1911 wurde diese Lokomotive als Heißdampfmaschine mit Schmidtschem Überhitzer nachgebaut (R. 310) und bildete in dieser Form bis 1923 die wichtigste Flachland- und Hügelland-Schnellzugslokomotivtype der österreichischen Staatsbahnen und nachmaligen österreichischen Bundesbahnen. Eine 2'C1'-Schleppenderlokomotive konnte sich aus dem oben angeführten Grunde in Österreich überhaupt nicht durchsetzen.

Die Fertigstellung der Alpenbahnen mit ihren Steigungen bis zu 28<sup>0</sup>/<sub>00</sub> sowie der immer mehr ansteigende Verkehr über den Arlberg verlangte für den Schnellzugsverkehr starke Maschinen. Im Jahre 1906 bauten daher die k. k. österreichischen Staatsbahnen neue 1'E-Naßdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotiven (R. 280), bei welchen Gölsdorf wieder so wie bei seinen E-Lokomotiven die erste und letzte der gekuppelten Achsen seitenschiebbar machte. Die Treibachse als die mittlere der gekuppelten Achsen wurde spurkranzlos ausgebildet. Die Führung der Maschine hatte die vorlaufende Adamsachse zu übernehmen, welche diese Aufgabe befriedigend löste, trotzdem sie nach österreichischer Gepflogenheit keine Rückstellvorrichtung besaß. Die Lokomotiven eigneten sich für den Gebirgsdienst sehr gut, die Nachbestellung im Jahre 1909 erhielt jedoch dem Fortschritte der Entwicklung der Dampfmaschine entsprechend Schmidtschen Überhitzer.

Andere Wege als die österreichischen Staatsbahnen schlug

bei der Konstruktion schwerer Gebirgslokomotiven die österreichische Südbahn ein. Sie brachte im Jahre 1912 eine 1'E-Heißdampfzwillingslokomotive (R. 580) Bild 10, nach dem Entwürfe der Maschinenfabrik der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft heraus, welche in bezug auf Leistung gleichwertig der Staatsbahnmaschine, jedoch in ihrem Aufbau weitaus einfacher und daher im Betriebe auch wirtschaftlicher ist. Bei dieser Lokomotive wurde auch von der Gölsdorfschen Austeilung der verschiebbaren Achsen abgegangen und die erste und vierte der gekuppelten Achsen ohne Seitenverschiebung ausgebildet. Die zweite und fünfte gekuppelte Achse erhielten Seitenspiel, während die dritte als Treibachse benutzte gekuppelte Achse schwächer gedrehte Spurkränze bekam. Diese Maschine hat sich in jeder Beziehung bis heute im Betriebe sehr gut gehalten und wurde auch in größerer Stückzahl im Auslande nachgebaut.

Die Weiterentwicklung der 1'E-Staatsbahnlokomotive stellt die zu ihrer Zeit (1914) als Spitzenleistung bestaunte 1'F-Lokomotive (R. 100) dar. Diese in der Literatur vielfach beschriebene Maschine hatte ein Heißdampf-Vierzylinder-Verbundtriebwerk, das an der dritten gekuppelten Achse angriff. Zur Ermöglichung guter Bogenläufigkeit war die vorlaufende Laufachse als Adamsachse (ohne Rückstellung) ausgebildet, während die zweite, fünfte und sechste Achse seitenverschieblich waren. Die dritte gekuppelte Achse (Treibachse) war

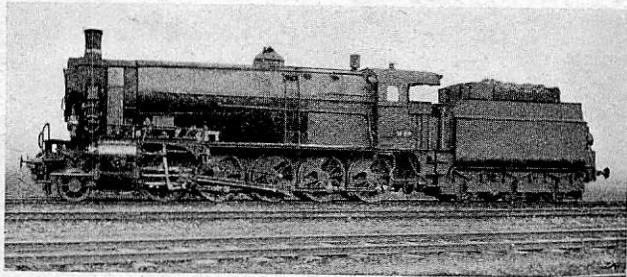


Bild 10. 1'E h 2-Lokomotive R. 580.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

spurkranzlos. Die verschiebbaren Achsen sind bei dieser Lokomotive genau so verteilt wie bei der 1'E-Maschine. Das sechsfach gekuppelte Triebwerk hielt sich im Betriebe gut, auch waren die Leistungen der Maschine vollkommen befriedigend. Empfindlich waren nur ihre Zylinder, die stark zu Anrissen neigten und schließlich zusammen mit der fortschreitenden Elektrisierung die Ursache waren, daß die Lokomotive vorzeitig abgebrochen wurde. Sie gab aber das Vorbild zur Konstruktion der württembergischen 1'F h 4 v Reihe K, welche im Jahre 1917 beschafft wurde und heute noch in Dienst steht.

Eine der letzten Lokomotivtypen, welche die k. k. österreichischen Staatsbahnen bauten und auch einer der letzten Lokomotiventwürfe Gölsdorfs war die im Jahre 1914 dem Betrieb übergebene 1'D1'-Heißdampf-Vierzylinder-Verbundlokomotive (R. 470), Bild 11, für den Gebirgsdienst. Sie wurde im Hügellande zur Beförderung schwerer Schnellzüge eingesetzt. Wie bei allen vierzylindrigen Staatsbahnlokomotiven trieben auch bei dieser alle Zylinder auf eine Achse, die dritte gekuppelte. Als Laufachsen kamen wieder solche der Bauart Adams ohne Rückstellfedern zur Anwendung. Die zweite gekuppelte Achse erhielt Seitenspiel, während die Treibachse spurkranzlos ausgeführt war. Der feste Achsstand von 5070 mm reichte von der ersten bis zur letzten gekuppelten Achse. Auffallend waren die beiden außergewöhnlich großen kombinierten Kolbenschieber von 460 mm Durchmesser, die Hoch- und Niederdruckzylinder jeder Maschinenseite steuerten. Diese schweren Schieber waren auch die Ursache vieler Steuerungsgebrechen, welche schließlich zum Umbau der Maschinen auf Heißdampfzwillingslokomotiven mit Lentz-Ventilsteuerung,

Bauart österreichischer Bundesbahnen, führten. Die umgebauten Lokomotiven (R. 670) bewähren sich im schweren Schnellzugsdienste in der Hügellandstrecke sehr gut und fallen durch ihren ruhigen und leichten Lauf auf.

Die Gölsdorfsche Epoche der k. k. österreichischen Staatsbahnen zeichnet sich besonders durch zähes, vielleicht allzu zähes Festhalten an der doppelten Dampfdehnung und nur zögernde Übernahme des Rauchrohrüberhitzers aus. Einerseits brachte diese Einstellung eine hohe Entwicklung der Verbundlokomotive, insbesondere der Zweizylinder-Verbundlokomotive mit sich, führte aber andererseits dazu, daß die Lokomotiven dieser Bahnverwaltung in bezug auf Wirtschaftlichkeit zum Teile durch solche von Privatbahnen überholt wurden, welche ohne Rücksicht auf bereits bestehende Typen neue Lokomotiven herausbrachten, bei denen in erster Linie die Bedürfnisse des Heißdampfes berücksichtigt wurden.

Nach Gölsdorfs Tode wurden zunächst noch die von ihm geschaffenen Lokomotivtypen nachgebaut, da man im Weltkriege stand und durch die Schaffung neuer Bauarten keine Unruhe in die Erzeugung der österreichischen Lokomotivfabriken bringen wollte. Nur die österreichische Südbahn baute im Jahre 1915 für ihre Karststrecken eine 2'D-Heißdampfzwillingslokomotive (R. 570). Diese sehr leistungsfähige

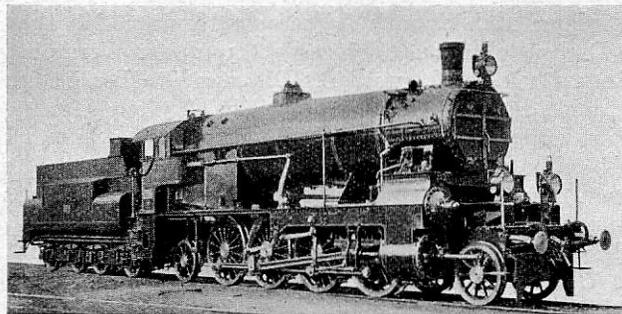


Bild 11. 1'D1' h 4 v-Lokomotive R. 470.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Zell.

Maschine wurde nur in zwei Stücken zunächst als Probeausführung gebaut. Ihr großer Kessel liegt vollständig über den gekuppelten Rädern von 1750 mm Durchmesser, dies ergibt eine Kesselmitelhöhe über den Schienen von 3250 mm. Zum ersten Male in Österreich bildete man bei ihr einen dem damaligen Entwicklungszustande entsprechenden großen Überhitzer mit vier Rauchrohrreihen zu je acht Rauchrohren aus. Das vorlaufende Drehgestell erhielt Seitenverschiebung mit Blattfederrückstellung, die zweite gekuppelte Achse als Treibachse schwächer gedrehten Spurkranz und die letzte Kuppelachse Seitenspiel. Die Betriebsergebnisse der Lokomotive waren in jeder Beziehung gut, so daß diese Bauart im Jahre 1923 ohne grundsätzliche Änderungen auch von den österreichischen Bundesbahnen übernommen wurde. Die Bundesbahnlokomotive (R. 113), Bild 12, erhielt größeren Kolbenhub, etwas kleinere Zylinder und Ventilsteuerung. Im Laufe der Jahre wurde sie mehrmals nachbestellt, so daß sie schließlich die Stückzahl 40 erreichte, was für das klein gewordene Österreich immerhin viel bedeutete. In größerer Anzahl wurde diese Maschine auch von den ehemals polnischen Staatsbahnen in Auftrag gegeben. Das große Beschleunigungsvermögen infolge der guten Kraftübersetzung vom Zylinder zur Schiene und der vier gekuppelten Achsen mit einem Reibungsgewicht von rund 95,5 t macht diese Lokomotive gerade für die Ostmarkverhältnisse sehr brauchbar, zumal Geschwindigkeiten über 80 km in der Stunde nicht häufig gefahren werden, dagegen aber viele und meist lange Rampen von 10 bis 25‰ vorkommen. So bestreitet heute diese Maschine den gesamten Schnellzugsverkehr über den Semmering nach Villach und Graz und hat

auch einen Teil der Schnellzüge auf den westlichen Linien zu decken.

Noch während des Weltkrieges wurde der Plan gefaßt, aus dem Ostrauer Kohlenrevier Kohle mit beschleunigten, durchgehenden Zügen nach Wien zu den Großkraftanlagen zu befördern. Geeignete Lokomotiven für große Lasten und verhältnismäßig große Geschwindigkeiten waren nicht vorhanden, so daß man an die Neukonstruktion einer schweren 1'E-Heiß-

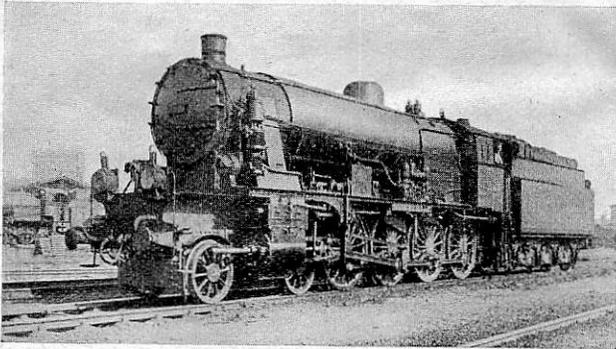


Bild 12. 2'Dh 2-Lokomotive R. 113.

Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

dampfzwillingslokomotive (R. 81), Bild 13, schritt, deren erster Entwurf von Gölsdorfs Nachfolger Rihosek stammte. Infolge der politischen Verhältnisse und des schlechten Kriegsausganges kam diese Maschine erst nach Kriegsende im Jahre 1920 zur Ablieferung. Die vorlaufende Adamsachse ist wieder ohne Rückstellvorrichtung ausgebildet, die dritte der gekuppelten Achsen ist spurkranzlos und Treibachse, von den übrigen Kuppelachsen erhielten die zweite und die letzte Seitenspiel. Die Achsenanordnung bewährte sich auf den Strecken, auf welchen die Lokomotive zum Einsatz kam, gut. Der Verwendungszweck, wie er ursprünglich gedacht war, konnte infolge des Zusammenbruches der Monarchie nicht eingehalten werden, und so übergab man der Maschine den schweren Güterzugsdienst hauptsächlich in gebirgigem Gelände (Arlberg). Obwohl die Maschine dafür nicht gebaut war, hielt sie sich bei dem schweren Dienste gut und wurde in den folgenden Jahren mehrmals nachbestellt. 16 Lokomotiven erhielten Kleinrauchröhrenüberhitzer. Bei den zur Verwendung

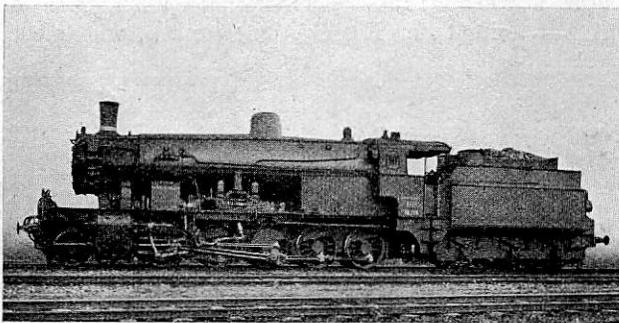


Bild 13. 1'Eh 2-Lokomotive R. 81.

Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

stehenden Kohlsorten hatte man mit dieser Überhitzerbauart aber nicht den erhofften Erfolg, so daß sie später durch die normale Bauart mit großen Rauchrohren ersetzt wurde. Eine größere Zahl der Maschinen erhielt in der Feuerbüchse Gewölbe-tragrohre der Bauart Madeyski, welche sich gleichfalls nicht bewährten und ausgebaut wurden. Die guten Erfahrungen, welche man im Gebirgsdienste durch Jahrzehnte in Österreich mit Verbundmaschinen gemacht hatte, waren der Beweggrund, warum man aus der gut entsprechenden Zwillingslokomotive im Jahre 1922 eine Zweizylinder-Verbundlokomotive (R. 181)

entwickelte. Es war dies die letzte für österreichische Bahnen gebaute Verbundmaschine. Kessel und Triebwerk wurden von der Zwillingslokomotive übernommen und nur die Zylinder und das, was mit der zweistufigen Dampfdehnung zusammenhängt, neu konstruiert. Dabei verzichtete man, um eine möglichst gute Wärmewirtschaft zu bekommen, auf eine halbwegs gleichmäßige Arbeitsverteilung auf die beiden Zylinder und nahm das Übel einer wesentlich kleineren Niederdruckleistung

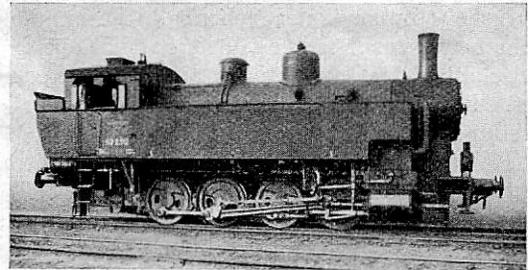


Bild 14. Dh 2-Lokomotive R. 478.

Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

in Kauf. Wärmewirtschaftlich schnitt diese Maschine viel besser ab als ihre Vorgängerin die Zwillingslokomotive. Gesamtwirtschaftlich steht sie aber letzterer wegen der weit höheren Instandhaltungskosten nach und es kam auch aus diesem Grunde zu keiner Nachbestellung.

Mit der Loslösung der österreichischen Bundesbahnen aus dem Staatsbetriebe und ihrer Erklärung zum selbständigen Wirtschaftskörper bekam auch der Lokomotivbau eine andere Richtung. Vor allem wurde mit vielen seit Jahren gehegten Traditionen gebrochen und besonders darauf gedrungen, wenigstens auf den wichtigsten Strecken Oberbauverstärkungen vorzunehmen und endlich den zulässigen Achsdruck von 14,5 t auf 16 t, und zwar nicht nur auf kurzen Teilstrecken, sondern über lange Linien zu erhöhen. Dadurch wurde es dem Lokomotivbauer möglich, schwerere und leistungsfähigere Lokomotiven, als bisher gestattet war, zu schaffen und damit auch die Erhaltungskosten der Maschinen zu drücken. Als erste Type kam eine D-Heißdampfzwillingslokomotive (R. 478), Bild 14, mit 16 t Achsdruck heraus. Der Aufbau dieser Lokomotive wurde so einfach wie möglich gehalten. Vor allem wurden die vielen komplizierten Armaturen, mit denen die letzten Staatsbahnmaschinen reichlich ausgerüstet waren, teils

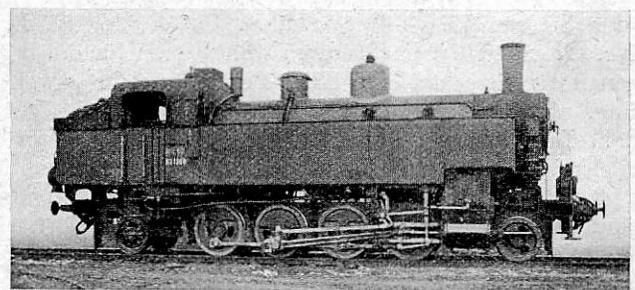


Bild 15. 1'D1'h 2-Lokomotive R. 378.

Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

als überflüssig weggelassen, teils durch einfache genormte Ausführungen ersetzt. Was Einzelteile anbelangt, so trachtete man, bei der Konstruktion möglichst viele Teile bewährter Form von anderen Lokomotivreihen zu verwenden, um so einen wirtschaftlichen Austauschbau in die Wege leiten zu können. Gleichzeitig mit dieser schweren Vershublokomotive wurde unter Verwendung der meisten Einzelteile derselben eine 1'D1'-Nebenbahnlokomotive (R. 378), Bild 15, in Auftrag gegeben, welche den dringenden Bedarf an solchen Maschinen decken sollte. Beide Lokomotivtypen können als gelungen

bezeichnet werden. Sie weisen vollkommen gleiche Kessel und gleiche Triebwerke, ja selbst gleiche Ventilkasten der Ventilsteuerung auf. Verschieden sind entsprechend dem verschiedenen Verwendungszwecke nur die Zylinder und die Bremseinrichtungen. Während die D-Verschublokomotive heute den größten Teil des schweren Vershubdienstes in der Ostmark besorgt, steht die 1'D1'-Nebenbahnmaschine als äußerst verwendbare Type auf fast allen Ostmarkstrecken in Verwendung. Sie wurde mehrmals nachbestellt und hat die Gölsdorfsche Zweizylinder-Nebenbahn-Verbundlokomotive zufolge ihrer weitaus höheren Wirtschaftlichkeit und guten Laufeigenschaften fast vollständig aus dem Streckendienste verdrängt. In letzter Zeit wurde sie auch vom Auslande zur Bestellung gebracht.

Zur Hebung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes der österreichischen Bundesbahnen wurde im Jahre 1927 ein umfangreiches Bauprogramm für Lokomotiven aufgestellt, nach welchem der gesamte Lokomotivpark im Laufe der Zeit durch wenige Einheitstypen ersetzt werden sollte. Geplant waren folgende Typen: Eine schwere und eine leichte Schnellzuglokomotive, eine schwere und eine leichte Personenzuglokomotive, eine schwere und eine leichte Güterzuglokomotive, eine Nebenbahnmaschine und eine Vershublokomotive. Alle Lokomotiven mit Ausnahme der Maschine für schwere Schnellzüge waren in Anbetracht der verhältnismäßig kurzen Strecken als

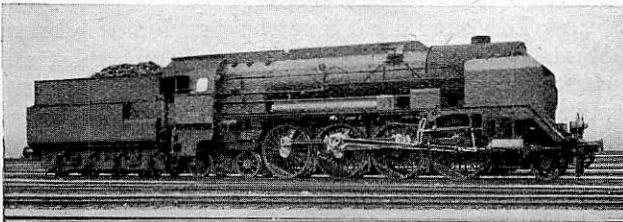


Bild 16. 1'D2' h 2-Lokomotive R. 214.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

Tenderlokomotiven gedacht. Wegen der traurigen politischen Verhältnisse, welche sich wirtschaftlich sehr ungünstig auswirkten, konnten von diesem Erneuerungsplane außer der oben erwähnten Nebenbahn-type und der Vershublokomotive nur die beiden Schnellzugmaschinen zur Ausführung gelangen. Maßgebend für den Bau dieser Lokomotiven waren die Verkehrsverhältnisse auf der Strecke Wien—Salzburg, bzw. Wien—Passau für eine schwere Maschine und die Verkehrsverhältnisse auf der Strecke Wien—Hegyeshalom für die leichte Lokomotive. Nach reiflichem Studium wählte man für die beiden erstgenannten Strecken eine 1'D2'-Bauart, welche sowohl als Drilling, als auch als Zwillig, zunächst probeweise gebaut wurde. Die Nachbestellungen erhielten wegen besserer Zugänglichkeit Zwilligtriebwerk. Bei diesen Lokomotiven (R. 214), Bild 16, fand Stahlguß weitestgehende Verwendung. So sind nicht nur alle Rahmenversteifungen, sondern auch die kompletten Drehgestell- und Deichselrahmen aus diesem Baustoffe. Für die Achsanordnung 1'D2' waren die guten Erfahrungen ausschlaggebend, welche man in Österreich mit der Achsanordnung 1'C2' gemacht hatte. Besonders günstig wirkt sich diese Achsfolge auch bei den vierfach gekuppelten Maschinen auf die Ausbildung des Stehkessels aus. Während bei der 1'C2'-Lokomotive das rückwärtige Laufgestell als Deichselgestell mit einem vor der ersten Achse desselben liegenden Drehzapfen ausgebildet ist, wurde bei den 1'D2'-Maschinen letzterer über diese Achse gelegt. Der Drehzapfen des vorderen Krauß-Helmholtz-Drehgestelles ist seitenschieflich mit Rückstellfedern ausgeführt. Wie alle neueren Bundesbahnlokomotiven erhielten auch diese Ventilsteuerung, jedoch ohne Rollen und Hubkurven, sondern mit Wälzhebeln, um besonders rasche Eröffnungen der Ventile zu erreichen. Die

zeitlich nach diesen Maschinen für die österreichischen Bundesbahnen geschaffenen Lokomotiven wurden alle mit dieser Steuerung ausgerüstet. Mit Ausnahme der beiden ersten Probenmaschinen erhielten die Lokomotiven Kondensationsvorwärmer der Bauart Heinl, die später außer auf neuen Maschinen auch auf zahlreichen älteren Lokomotiven angebracht wurden. Die 1'D2'-Maschinen bewährten sich im

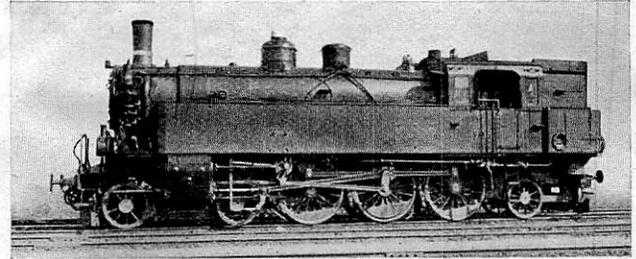


Bild 17. 2'C1' h 2-Lokomotive R. 269.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

schweren und schwersten Schnellzugsdienste in den genannten Strecken sehr gut, so daß sie mehrmals nachbestellt wurden. Auch im Auslande fand diese Type in großer Zahl Eingang. Da sie gut bogenläufig ist, stellt sie trotz ihres großen Achsstandes von 12635 mm keine hohen Anforderungen an den Oberbau. Die mit ihr erreichte Höchstgeschwindigkeit betrug 156 Stundenkilometer.

Den Personen- und Schnellzugsdienst von Wien nach Osten besorgten 2'C1'-Tenderlokomotiven, die 1917 von der Maschinenfabrik der österreichisch-ungarischen Staats-Eisenbahngesellschaft für die österreichische Südbahn gebaut und später ohne große Abänderungen von den k. k. österreichischen Staatsbahnen und auch von den tschechoslowakischen Staatsbahnen übernommen wurde (R. 629), Bild 17. Diese sehr gelungene Type hat ein führendes Drehgestell mit seitenbeweglichem Drehzapfen mit Federrückführung und eine rückwärtige Adamsachse ohne Rückstellung. Ihr Lauf ist auch bei ihrer Höchstgeschwindigkeit von 95 km in der Stunde in beiden Fahrtrichtungen ein guter. Bei ihrer Konstruktion machte man sich die mit der 2'C-Südbahnschnellzuglokomotive (R. 209) gemachten Erfahrungen zunutze. Da die Maschine auf den Strecken der Südbahn keineswegs für Schnellzüge verwendet wurde und diese Verwendung auch niemals beabsichtigt war, erhielt der Kessel Abmessungen, wie solche für

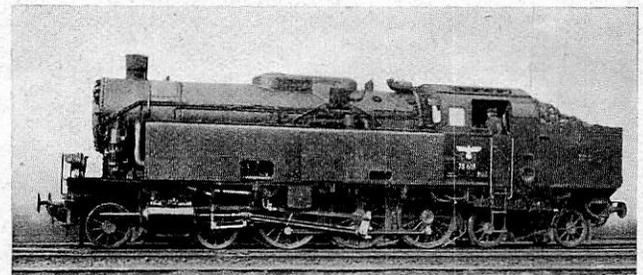


Bild 18. 2'C2' h 2-Lokomotive R. 729.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme Maey.

Personenzuglokomotiven vollkommen ausreichend sind. Mit den steigenden Zugsgewichten in der Strecke Wien—Budapest wurde aber die Kesselleistung bald zu klein, so daß man daranging, eine stärkere Schnellzuglokomotive zu schaffen, bei der möglichst viele Teile der 2'C-Südbahn-type (R. 209) und der 2'C1'-Tenderlokomotive der gleichen Bahnverwaltung (R. 629) verwendet werden sollten. So entstand die 2'C2'-Heißdampf-Zwilligstenderlokomotive (R. 729), Bild 18. Die beiden Drehgestelle sind vollständig gleich mit jenen der Vor-

bildmaschinen. Auch wurde für die neue Lokomotive der Kessel der 2' C-Südbahnmaschine mit nur geringen Änderungen übernommen. Ein Teil der Lokomotiven erhielt Nichelsonsche Wasserkammern, welche sich gut bewähren. Doch sei hier bemerkt, daß sowohl Feuerbüchsen als auch Wasserkammern aus Kupfer hergestellt sind. Zuzufolge der großen geführten Länge ist der Lauf der Lokomotiven auch bei den höchsten Geschwindigkeiten sehr ruhig. Durch geschickte Ausbildung und Anordnung der Wasserkasten, gelang es den für Tenderlokomotiven reichlich zu nennenden Wasservorrat von 16,8 m<sup>3</sup> unterzubringen. Dadurch und durch die Verwendung des Heinlschen Kondensationsvorwärmers wurde der Aktionsradius der Lokomotiven so erhöht, daß man sich entschloß, die Maschinen nicht wie geplant auf der kurzen Ostbahnstrecke, sondern vielmehr auf der Hauptlinie der Südbahn (Semmeringstrecke) und der Westbahn in Dienst zu stellen. Die Lokomotive kam mehrmals zur Nachbestellung

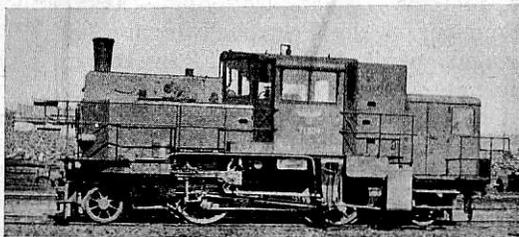


Bild 19. 1' B 1' h 2-Lokomotive R. DT1.  
Lokbild-Archiv der Reichsbahn. Aufnahme C. Bellingrodt.

und steht heute auf verschiedenen Hauptstrecken im schweren Personenzugs- und leichten Schnellzugsdienst zur vollen Zufriedenheit in Verwendung.

Die letzte unter der österreichischen Bundesbahnverwaltung neu geschaffene Lokomotive ist eine kleine 1' B 1'-Heißdampfzwillingsmaschine (DT1), Bild 19, welche als Triebwagensatz anzusprechen ist und als solcher auch der Mode der Zeit entsprechend die für Österreich ganz abwegige Bezeichnung DT, d. h. Dampftriebwagen erhalten mußte, obwohl sie mit einem Triebwagen nichts zu tun hat. Die Lokomotive war dazu bestimmt, schnelle Kurzzüge auf Hauptstrecken und auch auf stärker frequentierten Nebenbahnstrecken zu befördern. Derartige Züge bestehen aus zwei, höchstens drei leichten vierachsigen Wagen. Die Maschinen mußten für einmännige Bedienung gebaut werden und erhielten deshalb auch Ölfeuerung und eine Todmanneinrichtung, welche auf den Regler und die Bremse wirkt. Einmännig wurde je-

doch bei der Verwendung der Maschinen ausschließlich auf Hauptlinien niemals gefahren, so daß heute auch die Todmanneinrichtungen außer Betrieb sind. Die beiden Deichselgestelle haben Rückstellfedern, deren Vorspannung und Stärken so bemessen sind, daß die beiden Endachsen im Bogen die Führung des Fahrzeuges übernehmen und so ruhigen Lauf gewährleisten. Tatsächlich wurden mit diesen Lokomotiven trotz der kleinen Treibräder von nur 1450 mm Durchmesser Geschwindigkeiten bis zu 136 Stundenkilometern bei einwandfreiem Laufe erreicht. Auch sie erhielten zur Hebung der Wärmewirtschaft und zur Vergrößerung ihres Aktionshalbmessers Kondensationsvorwärmer.

Zum Schlusse dieser Ausführungen sei noch auf eine österreichische Spezialität auf dem Gebiete des Eisenbahnwesens hingewiesen. Es ist das die Saugluftbremse. In Österreich aus den ersten Anfängen heraus zu immer größerer Vollkommenheit entwickelt, war sie noch bis in den Weltkrieg hinein die für die Gebirgsverhältnisse des Landes geeignetste Bremsbauart, die neben großer Einfachheit infolge ihrer Unerschöpflichkeit absolute Betriebssicherheit aufwies.

Es ist daher auch begreiflich, warum sich die österreichischen Eisenbahnverwaltungen nur schwer entschließen konnten, diese gute Bremsbauart nach Friedensschluß aufzugeben und zur Druckluftbremse, welche am Festlande die weitestverbreitete Bremsbauart war, überzugehen. Noch knapp vor dem Anschlusse wurde in Österreich eine Druckluftbremsbauart herausgebracht, welche allen Anforderungen des internationalen Bremsprogrammes entsprach, jedoch nicht mehr zur Einführung kam, da durch die Übernahme der österreichischen Bundesbahnen durch das Reich die einheitliche Bremsbauart der Deutschen Reichsbahn auch auf die österreichischen Fahrzeuge übertragen wurde.

Die vorstehenden Ausführungen sollen nur eine beschränkte Übersicht sein über das, was in der österreichischen Monarchie und später in der kleinen, stets mit finanziellen Schwierigkeiten kämpfenden, österreichischen Republik auf dem Gebiete des Lokomotivbaues in den letzten Jahrzehnten geschaffen wurde. Daß es sich dabei häufig um hervorragende Leistungen handelt, beweist die Tatsache, daß eine nicht geringe Anzahl österreichischer Lokomotivtypen von ausländischen Bahnverwaltungen übernommen wurden und bei ihnen zur Zufriedenheit Dienst leisten und auch zur Nachbestellung gelangten.

Es erheben diese Zeilen keineswegs Anspruch auf eine erschöpfende Darstellung. Dazu ist wohl der Raum zu beschränkt und kann außerdem auf die in dieser Zeitschrift wiederholt gemachten Veröffentlichungen über österreichische Lokomotiven und deren Einrichtungen hingewiesen werden.

## Höchstgeschwindigkeiten für Drehgestellwagen in Gleisbögen ohne Übergangsbögen.

Von Dr. Ing. Herbert Kall, Rheinberg.

### Einleitung.

In meiner Arbeit „Das Verhalten von Drehgestellwagen mit Wiegen in Gegenbögen“\*) habe ich die Bewegungen solcher Wagen bei der Fahrt durch Gegenbögen untersucht. Mit Hilfe der abgeleiteten Gleichungen wird der Verlauf der auftretenden Kräfte und Bewegungsgrößen in Abhängigkeit vom zurückgelegten Weg bzw. der Zeit ermittelt und fortlaufend dargestellt. Das Verfahren gibt zwar einen gründlichen Einblick in die verwickelten Zusammenhänge, ist aber ziemlich umständlich.

Daher soll im folgenden ein einfaches Verfahren zur Bestimmung der wichtigsten Bewegungsgrößen angegeben werden. Da die neuzeitlichen Schnellzugwagen sich in ihrer Bauart verhältnismäßig wenig voneinander unterscheiden, ist hauptsächlich die Abhängigkeit der Bewegungen des Wagens

von der Gleiskrümmung und der Fahrgeschwindigkeit zu bestimmen. Es wurde daher das Verhalten eines bestimmten Wagens bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Krümmungshalbmessern nach dem Berechnungsverfahren der angegebenen Arbeit ermittelt und die wichtigsten Bewegungsgrößen in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und der Gleiskrümmung aufgetragen. Aus den sich hierbei ergebenden Kurvenscharen wurde die Gesetzmäßigkeit zwischen den Bewegungsgrößen nomographisch ermittelt.

In der eingangs erwähnten Arbeit wurden Drehgestellwagen der Görlitzer Bauart beim Befahren von nicht überhöhten Gegenbögen ohne Übergangsbögen untersucht. Hier soll zunächst das Verhalten solcher Wagen bei der Fahrt durch einen Gleisbogen ohne Übergangsbogen allgemein beschrieben werden; dann soll gezeigt werden, daß die Bewegungsgrößen Beschleunigung und Ruck hauptsächlich das Empfinden des Fahrgastes beeinflussen und sollen die Beschleuni-

\*) Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1939, S. 243.

gungen und Rucke in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $V$  und der Gleiskrümmung  $\frac{1}{R}$  bestimmt werden.

### I. Bewegungen des Wagens.

Bei den hier zu untersuchenden Wagen sind die Drehzapfen des Wagenkastens nicht seitlich starr mit den Drehgestellen verbunden, sondern pendelnd in den „Wiegen“ der Drehgestelle aufgehängt. Der Wagenkasten kann sich daher erstens in den Drehzapfenquerschnitten quer zu den Drehgestellen verschieben und sich dabei um eine vertikale Achse drehen, die irgendwo in der senkrechten Mittellängsebene des Wagenkastens liegt. Infolge der Nachgiebigkeit der Tragfedern in senkrechter Richtung kann sich zweitens der Wagenkasten infolge von Seitenkräften zur Seite neigen, indem er sich um eine waagerechte in der senkrechten Wagenkasten-Mittellängsebene liegende Achse dreht und dabei die Tragfedern einer Wagenseite zusätzlich zusammendrückt und die der entgegengesetzten Wagenseite entspannt; der Wagenkasten „wankt“.

Durch die quergerichteten Kräfte, welche das Gleis auf den Wagen ausübt, werden die Teile des Drehgestells, welche die Kräfte übertragen, gespannt und seitlich ausgebogen. Nicht nur die Fahrzeugteile werden durch diese Kräfte gespannt, sondern auch der Oberbau. Auch dieser erfährt hierdurch eine Deformation. Die gesamte Formänderung von Drehgestellteilen und Oberbau ist so groß, daß sie nicht vernachlässigt werden darf. Sie wird als elastische Formänderung berücksichtigt.

Der Wagen soll aus der Mittelstellung im geraden Zulaufgleis in den Bogen einfahren. Das voranlaufende Drehgestell läuft zunächst so lange geradeaus, bis die vordere Achse an der Außenschiene des Bogens anläuft. Infolge der Nachgiebigkeit der Oberbau- und Drehgestellteile wird die führende Achse auch in diesem Augenblick noch nicht im Sinne des Gleisbogens abgelenkt, sondern das Drehgestell läuft noch etwas weiter geradeaus, bis die Teile so stark gespannt sind, daß ihre Spannung demjenigen Führungsdruck, der zur Überwindung der statischen Schwenkwiderstände des Drehgestells erforderlich ist, das Gleichgewicht hält\*).

Von diesem Zeitpunkt an beginnt die Ablenkung der führenden Achse von ihrem Geradeauslauf. Dabei werden zunächst die Drehgestell- und Oberbauteile, die den Führungsdruck übertragen, weiter gespannt. Entsprechend dieser Formänderung wird eine wachsende Kraft auf die voranlaufende Achse ausgeübt, die unter Überwindung der Trägheit immer stärker das Drehgestell aus der geraden Zulaufrichtung ablenkt und in den Bogen einschwenkt. Wie in der eingangs angegebenen Arbeit abgeleitet, beschreibt das Drehgestell im Querschnitt der führenden Achse die kreisförmige Bahn des Gleisbogens, überlagert von einer gedämpften Sinusschwingung, deren Frequenz mit  $\omega_1$  bezeichnet sei. Demgemäß setzen sich die in diesem Drehgestellquerschnitt auftretenden quergerichteten Beschleunigungen zusammen aus einem konstanten Betrag  $\frac{v^2}{R}$ , der der Fahrt auf einem Kreisbogen mit dem Halbmesser  $R$  (m) und der Fahrgeschwindigkeit  $v$  (m/s) entspricht, und einem Beitrag, der sich nach einer gedämpften Sinusschwingung mit der Zeit bzw. dem Fortschrittsweg des Wagens ändert.

Die Mitte des Drehgestells beschreibt eine Bahn, die ähnlich der Bahn der voranlaufenden Drehgestellachse ist. Die Querbeschleunigungen der Drehgestellmitte setzen sich

\*) Unter der Bezeichnung „statische Schwenkwiderstände“ sollen hier die durch Reibung erzeugten Widerstände an den Radauflandspunkten verstanden sein, die einer Schwenkung des Drehgestells im Sinne der Gleiskrümmung entgegenwirken. Vergl. Heumann, „Zum Bogenlauf von Eisenbahnfahrzeugen“, Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1928, S. 481.

zusammen aus dem konstanten Glied  $\frac{v^2}{R}$ , einer gedämpften Sinusschwingung der Frequenz  $\omega_1$  und einer weiteren von der Zeit  $t$  abhängigen Funktion der Form  $e^{-ct}$ , die im Verlauf des Einfahrens in den Gleisbogen rasch und stetig auf einen sehr kleinen Beitrag zur Querbeschleunigung der Drehgestellmitte abnimmt.

Da der Wagenkasten in seinen Drehzapfenquerschnitten quer zur Fahrtrichtung pendelnd mit den Drehgestellen verbunden ist, ergibt sich die Seitenbewegung des Wagenkastens im vorderen Drehzapfenquerschnitt als Differenz aus der absoluten Seitenbewegung der Drehgestellmitte und dem Ausschlag der Wiegenpendel gegenüber dem Drehgestellrahmen. Die Rechnung ergibt eine Querschwingung des Wagenkastens in diesem Querschnitt, die sich zusammensetzt aus einem konstanten Beitrag, der der Beschleunigung  $\frac{v^2}{R}$  entspricht, und zwei gedämpften Sinusschwingungen, deren eine die Frequenz  $\omega_1$  der Primärschwingung hat. Die zweite Sinusschwingung verläuft mit der Eigenfrequenz der Wiegenpendel, die mit  $\omega_2$  bezeichnet sei.

Bei diesen Querbeschleunigungen in seinem vorderen Drehzapfenquerschnitt erfährt der Wagenkasten Winkelbeschleunigungen um eine senkrechte Achse, die in der Nähe des hinteren Drehzapfens oder in diesem liegt. Die vor dem vorderen Drehzapfen liegenden Punkte des Wagenkastens werden also stärker querbeschleunigt als der Querschnitt des vorderen Drehzapfens selbst, während die hinter ihm liegenden Punkte des Wagenkastens geringere Querbeschleunigungen erfahren und die am Ende des Wagenkastens hinter dem hinteren Drehzapfen liegenden Punkte im umgekehrten Sinne als der vordere Drehzapfenquerschnitt querbeschleunigt werden.

Diese Querbeschleunigungen wirken unmittelbar auf den unteren Teil des Wagenkastens. Infolge seiner Trägheit dreht sich dieser auf all seinen Tragfedern um eine waagerechte Längsachse gegenüber den Radsätzen. Diese waagerechte Längsachse liegt etwa in Höhe der Radsatzdrehachsen. Der obere Teil des Wagenkastens sucht den an seinem unteren Teil angreifenden Beschleunigungen auszuweichen, er „wankt“\*).

Je höher ein Punkt des Wagenkastens über dieser Achse liegt, um so stärker weicht er aus, um so größer ist seine Seitenbewegung gegenüber der tiefliegenden Längsachse.

Der Wagenkasten wird also um eine senkrechte und eine waagerechte Achse gleichzeitig winkelbeschleunigt. Im ganzen erfährt er eine Winkelbeschleunigung um eine schräge Achse, die durch den Schnittpunkt der senkrechten mit der waagerechten Achse geht und ihre Schräglage dauernd verändert.

Da die Wankbewegung des Wagenkastens durch die an den Drehzapfen wirkenden Querbeschleunigungen erregt wird, setzt sie sich aus Schwingungen mit denselben Frequenzen wie die der Erregerschwingung an den Drehzapfen und aus der Schwingung mit der Eigenfrequenz des Wagenkastens auf den Tragfedern zusammen.

Die beschriebenen Schwingungen klingen beim Durchfahren durch den Gleisbogen allmählich ab. Fährt das hintere Drehgestell in den Bogen ein, so entstehen ähnliche Bewegungen wie beim Einfahren des vorderen Drehgestells. Die Querschwingungen des hinteren Drehgestells beeinflussen ebenfalls die Wankschwingung des Wagenkastens. Am Ende des Gleisbogens geht das vordere Drehgestell in ein gerades Anschlußgleis über. Durch die dabei auftretende Veränderung der Querbeschleunigungen entstehen wiederum Schwingungen des Drehgestells und Wagenkastens, die ähnlich den bereits beschriebenen Schwingungen verlaufen. Das Ausfahren des hinteren Drehgestells aus dem Bogen beeinflusst ebenfalls diese Schwingungen.

\*) Heumann, „Das Einfahren von Lokomotiven in Gleisbögen“, Org. Fortsch. Eisenbahnwes. 1936, S. 165.

## II. Einfluß der Bewegungen auf den Fahrgast.

Die oben beschriebenen Bewegungen des Wagenkastens übertragen sich auf den Fahrgast. Welche Bewegungsgröße ist für das Empfinden des Reisenden maßgebend? Geschwindigkeiten wirken nicht unmittelbar ein. Bei Beschleunigungen werden die zugehörigen Trägheitskräfte, die auf den Körper des Reisenden wirken, wahrgenommen. Im allgemeinen werden bei der Eisenbahnfahrt Beschleunigungen an sich nicht unangenehm empfunden. Z. B. wirken sie in Gleisbögen, bei denen sie infolge von Übergangsbögen langsam anwachsen können, erfahrungsgemäß nicht unangenehm. Zudem sind die bei der Eisenbahnfahrt auftretenden Querschleunigungen meist erheblich geringer als diejenigen, welche bei der Kurvenfahrt von anderen Fahrzeugen wirken. Den Insassen von Kraftwagen mutet man Querschleunigungen zu, die ein Mehrfaches von denen, die bei der Fahrt durch Gleisbögen vorkommen, betragen. Sie sind trotzdem erträglich, weil sie sich verhältnismäßig langsam verändern. So lange die Querschleunigung die Gleichgewichtslage des Fahrgastes nicht stört, ist sie für die Fahrtannehmlichkeit nicht nachteilig. Von Bedeutung für die Annehmlichkeit der Fahrt ist lediglich die Änderungsgeschwindigkeit der Beschleunigung, der Ruck  $\frac{db}{dt}$ , die Änderung der Beschleunigung  $b$  mit der Zeit  $t$ .

Auch die Beschleunigungsänderung an sich ist kein Maßstab für die Einwirkung der Fahrzeugbewegungen auf das Empfinden des Fahrgastes, denn es kommt vielmehr darauf an, wie schnell, d. h. in welcher Zeit die Beschleunigung sich um ein bestimmtes Maß ändert. Man könnte einwenden, daß in gewissen Fällen eine Beschleunigungsänderung momentan als Beschleunigungssprung also in der Zeit Null vor sich gehen muß, wenn z. B. ein Gleisbogen unvermittelt an ein gerades Gleis oder an einen anderen Bogen anschließt und ein Fahrzeug diesen Punkt, in dem die Gleiskrümmung sich sprunghaft ändert, befährt. In Wirklichkeit ändert sich aber die Krümmung der Bahn, die das Fahrzeug oder genauer der durch das Gleis geführte Fahrzeugquerschnitt beschreibt, dennoch stetig, wie folgende Überlegung zeigt. Wenn auf ein Fahrzeug Beschleunigungen wirken, so entsprechen diesen stets Massen- oder Trägheitskräfte, die bei der Bogenfahrt Reaktionskräfte auf das Gleis ausüben. Alle Fahrzeug- und Oberbauteile, die diese Kräfte übertragen, werden elastisch deformiert. Bei sprunghafter Änderung der Beschleunigungen müßten sich auch die Massenkräfte sprunghaft verändern. Da sich aber im Augenblick des Übergangs von einer Krümmung auf eine andere die elastische Deformation der diese Kräfte übertragenden Teile nicht augenblicklich ändern kann, ist es auch nicht möglich, die den sprunghaft vergrößerten oder verkleinerten Beschleunigungen entsprechenden Massenkräfte zu übertragen. Die Massenkräfte können sich also nicht sprunghaft ändern, deshalb ist auch ein plötzlicher Übergang von einer Beschleunigung auf eine andere nicht möglich, vielmehr ändert sich die Beschleunigung stetig, und zwar so, daß die ihr entsprechende Massenkraft eine Deformation der kraftübertragenden Teile erzeugt, die dem Unterschied zwischen der Bahn des Gleises und der Bahn des betrachteten Fahrzeugquerschnitts entspricht. Es tritt also auch in diesen Fällen, in denen sich die Gleiskrümmung sprunghaft ändert, keine augenblickliche Änderung der Querschleunigung ein und es entspricht nicht den tatsächlichen Verhältnissen, wenn man den aus dem Unterschied der Gleiskrümmungen errechneten Beschleunigungssprung als maßgebend für das Empfinden des Reisenden ansieht.

Wie oben gezeigt wurde, schwingen die Drehzapfenquerschnitte des Wagenkastens quer zur Fahrtrichtung. Sie übertragen dabei auf den Wagenkasten Querschleunigungen, die sich stark mit der Zeit ändern, also auch Rucke. Je nach-

dem die Querschleunigungen in beiden Drehzapfenquerschnitten im gleichen oder entgegengesetzten Sinne wirken, liegt die senkrechte Achse, um die der Wagenkasten winkelschleunigt wird, zwischen den beiden Drehzapfen oder außerhalb derselben. Die einzelnen Querschnitte des Wagenkastens erfahren also Querschleunigungen, die entsprechend der Entfernung von dieser senkrechten Achse größer oder kleiner als die Querschleunigungen in den Drehzapfenquerschnitten sind. Die in den einzelnen Wagenkastenquerschnitten auftretenden Rucke können ebenfalls größer oder kleiner als die Rucke in den Drehzapfenquerschnitten sein. Es würde zu weit führen, wenn man den Verlauf der Querrucke für jeden Querschnitt des Wagenkastens genau verfolgen wollte. Deshalb sollen hier nur die in den Drehzapfenquerschnitten wirkenden Querrucke untersucht werden.

Infolge der Wankbewegung des Wagenkastens um eine waagerechte in Höhe der Radsatzdrehachsen liegende Längsachse sind seine Querschleunigungen nicht in jeder Höhe des Wagenkastenquerschnitts gleich groß. Die einzelnen Punkte des Wagenkastens erfahren zusätzliche oder abzügliche Querschleunigungen, die mit ihrer Höhenlage über dieser Achse zunehmen. Die Zahlenrechnung zeigt, daß die durch die Wankbewegung erzeugten zusätzlichen oder abzüglichen Querschleunigungen erheblich kleiner sind als die durch die Wiegenaufhängung erzeugten Querschleunigungen. Die in Höhe des Wagenkastenschwerpunkts auftretenden durch die Wankbewegung erzeugten Querschleunigungen betragen etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{6}$  der durch die Wiegenaufhängung hervorgerufenen Querschleunigungen. Die durch die Wankbewegung erzeugten Querrucke, die in Höhe des Wagenkastenschwerpunkts auftreten, betragen nur  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{9}$  der durch die Wiegenaufhängung hervorgerufenen Querrucke. Der Einfluß der Wankbewegung auf die Größe der Querrucke in den Drehzapfenquerschnitten des Wagenkastens ist also ziemlich gering. Daher sollen im folgenden die durch die Wiegenaufhängung erzeugten in den Drehzapfenquerschnitten wirkenden Querrucke als Maß für die Annehmlichkeit der Fahrt angesehen werden und ihre Abhängigkeit von der Gleiskrümmung und der Fahrgeschwindigkeit näher untersucht werden.

Wie bereits gesagt wurde, setzen sich die Querschleunigungen an den Drehzapfen des Wagenkastens zusammen aus einem konstanten Beitrag und verschiedenen Sinusschwingungen. Demgemäß verlaufen die hier auftretenden Querrucke nach einer aus mehreren Grundschwingungen zusammengesetzten Schwingung.

Die beim Einfahren in Gleisbögen auftretenden Maximalwerte dieser Querrucke  $\Psi_{\max}$  werden, wie in der eingangs genannten Arbeit angegeben, errechnet für einen bestimmten Wagen für Gleisbögen verschiedener Krümmung und verschiedene Fahrgeschwindigkeiten. Es wurde ein D-Zugwagen der Einheitsbauart 1928 mit 14,4 m Drehzapfenabstand und 3,6 m Drehgestellradstand der Rechnung zugrunde gelegt. Die hierfür berechneten Querrucke  $\Psi_{\max}$  wurden in Schaubild 1 in Abhängigkeit von der Bogenkrümmung für verschiedene Fahrgeschwindigkeiten  $V$  (km/h) zusammengestellt. Somit läßt sich der Wert für  $\Psi_{\max}$  für gegebene Bogenkrümmung und gegebene Fahrgeschwindigkeit sofort ablesen.

Die Linien gleicher Zentripetalbeschleunigung  $\frac{v^2}{R}$  sind ebenfalls eingezeichnet. Man erkennt, daß die Maximalwerte der Rucke bei konstantem  $\frac{v^2}{R}$  nicht gleich groß sind, sondern mit steigender Geschwindigkeit bzw. mit abnehmender Bogenkrümmung ansteigen.

Eine nomographische Untersuchung der in diesem Diagramm dargestellten Funktionen ergab die bemerkenswerten

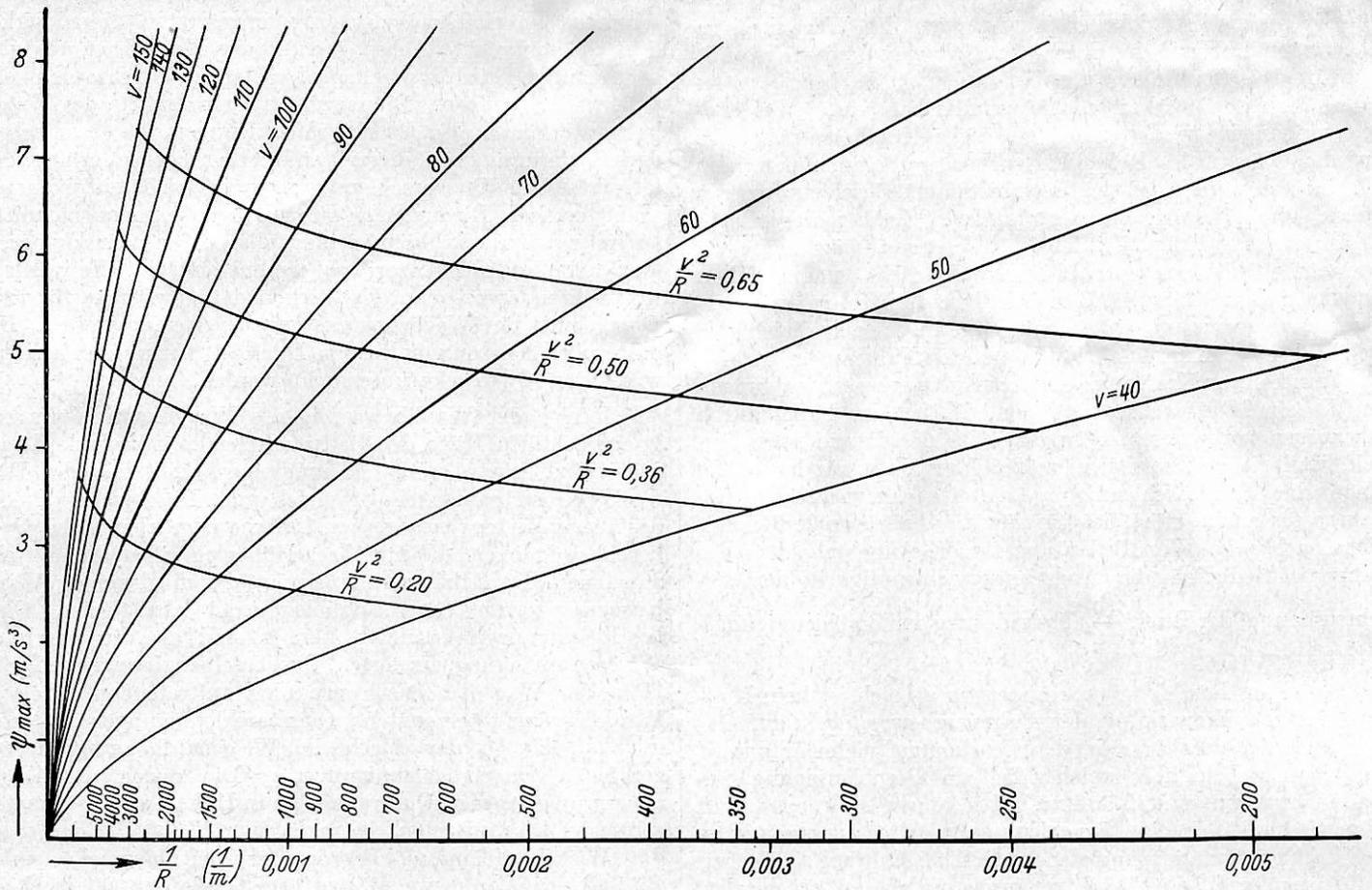


Schaubild 1. Der größte Ruck  $\psi_{max}$  in Abhängigkeit von der Bogenkrümmung bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten.

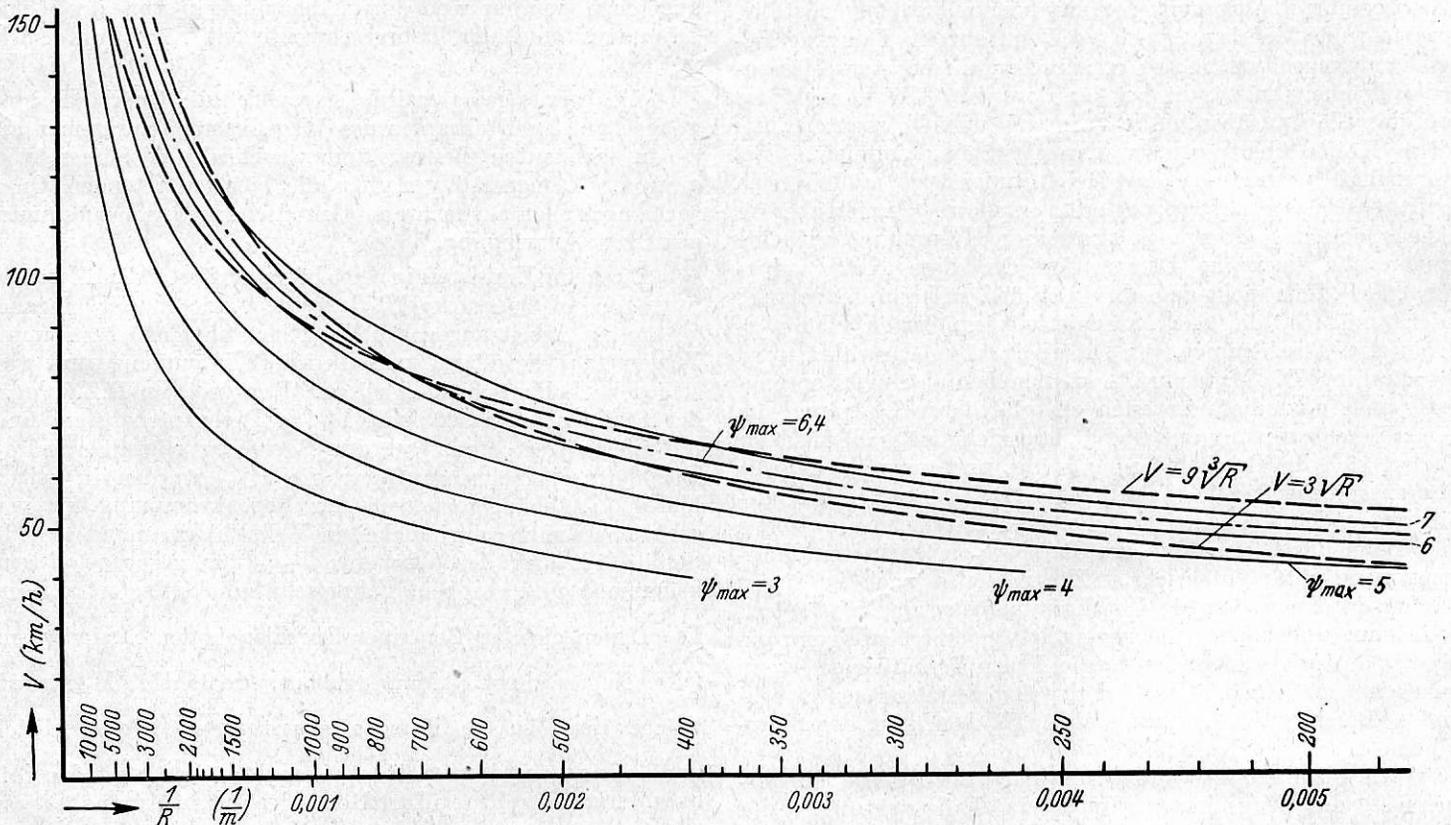


Schaubild 2. Abhängigkeit zwischen Bogenkrümmung und Fahrgeschwindigkeit bei konstantem  $\psi_{max}$ .

Feststellung, daß sich die Abhängigkeit der Werte  $\Psi_{\max}$  vom Bogenhalbmesser und der Fahrgeschwindigkeit als Potenzen mit gebrochenen Exponenten darstellen läßt. Für die Kurven gleicher Fahrgeschwindigkeit heißt die Beziehung zwischen  $\Psi_{\max}$  und R:

$$\Psi_{\max} = c \cdot \left(\frac{1}{R}\right)^{0,623}$$

Dabei ist c eine von der Fahrgeschwindigkeit abhängige Größe. Dieser Wert c steht in folgender einfachen Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit V:

$$c = 0,433 \cdot V^{1,545}$$

Der allgemeine Ausdruck für den maximalen Ruck in Abhängigkeit von V und R lautet somit:

$$\Psi_{\max} = 0,433 \frac{V^{1,545}}{R^{0,623}} \dots \dots \dots 1)$$

Dieser Ausdruck ist, wie gesagt, nicht physikalisch begründet, sondern stellt einen für den untersuchten Wagen für alle Bogenhalbmesser und Fahrgeschwindigkeiten gültigen Näherungswert dar, der aufgestellt wurde auf Grund der für verschiedene R und V berechneten einzelnen Werte von  $\Psi_{\max}$ . Diese Einzelwerte wurden mit den physikalisch begründeten Gleichungen bestimmt. Trotzdem ist die Übereinstimmung zwischen den so berechneten Einzelwerten und dem genannten Ausdruck für  $\Psi_{\max}$  außerordentlich gut. Die größte Abweichung zwischen beiden beträgt nur 2%.

In Schaubild 2 ist die Abhängigkeit zwischen V und R für konstantes  $\Psi_{\max}$  dargestellt. Diese Kurven verlaufen nach der Gleichung:

$$V = C \cdot \left(\frac{1}{R}\right)^{-0,403} \dots \dots \dots 2),$$

wie sich ohne weiteres aus Gl. 1) ergibt. Dabei ist

$$C = \left(\frac{\Psi_{\max}}{0,433}\right)^{\frac{1}{1,545}}$$

Will man einen bestimmten Höchstwert  $\Psi_{\max}$  zulassen, so berechnen sich die zueinander gehörigen Werte von V und R nach diesem Ausdruck 2). Gleichgültig, welchen Höchstwert von  $\Psi_{\max}$  man zulassen will, ergibt sich nach dieser Gleichung der Ausdruck:

$$\frac{1}{R^{0,403}} \approx \frac{V^{2,5}}{R} = \text{const.}$$

d. h. soll ein bestimmter Wert von  $\Psi_{\max}$  nicht überschritten werden, so ist für alle zueinander gehörigen Geschwindigkeiten und Bogenkrümmungen der Ausdruck  $\frac{V^{2,5}}{R}$  gleich einem Festwert, der dem zugelassenen Höchstwert des Ruckes entspricht.

Gleiche Zentripetalbeschleunigung  $\frac{v^2}{R}$  ergibt also nicht in verschiedenen Gleisbögen gleiche Rucke  $\Psi_{\max}$ . Auch bei gleichem  $\frac{v^3}{R}$  wirken in verschiedenen Bögen nicht die gleichen maximalen Rucke, sondern bei gleichem  $\frac{v^{2,5}}{R}$  tritt dies ein. Es muß hier darauf verzichtet werden, eine genaue physikalische Begründung für die Größe des Exponenten 2,5 anzugeben. Hier soll nur erklärt werden, warum er zwischen 2 und 3 liegen muß.

Man stelle sich vor, Fahrzeug und Gleis wären starr und der führende Fahrzeugquerschnitt würde genau der Gleisachse folgen. Wenn dieser Querschnitt an einem Punkt seiner Bahn, der die Krümmung  $\frac{1}{R_1}$  hat, auf einen benachbarten um  $\Delta l$  entfernten Bahnpunkt mit der Krümmung  $\frac{1}{R_2}$

übergeht, so ändert sich dabei die Querbesehleunigung von  $\frac{v^2}{R_1}$  auf  $\frac{v^2}{R_2}$ , wenn, was vorausgesetzt sei, die Fahrgeschwindigkeit konstant bleibt. Bei stetigem Krümmungsverlauf ist die Zeit für das Anwachsen oder Abnehmen der Querbesehleunigung von  $\frac{v^2}{R_1}$  auf  $\frac{v^2}{R_2} = \frac{\Delta l}{v}$ . Also ist der Ruck, der hier auftritt,

$$\left(\frac{v^2}{R_1} - \frac{v^2}{R_2}\right) \frac{v}{\Delta l}$$

also proportional der dritten Potenz der Geschwindigkeit. In Wirklichkeit folgt das Fahrzeug und sein führender Querschnitt jedoch nicht genau der durch das Gleis gegebenen Bahn. Infolge der Elastizität der Teile, welche den Führungsdruck übertragen, entstehen querverrichtete Schwingungen des Fahrzeugs und der einzelnen gegeneinander beweglichen Fahrzeugteile. Diese Schwingungen werden erregt durch die Querbesehleunigungen des Gleisbogens  $\frac{v^2}{R}$ .

Die bei den Schwingungen auftretenden Querbesehleunigungen sind proportional  $\frac{v^2}{R}$ . Da die Frequenz dieser Schwingungen

unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit ist, sondern nur von der Masse und Elastizität der schwingenden Systeme abhängt, ist auch die Schwingungsdauer und damit die Zeit für die Veränderung der Beschleunigungen nicht von der Fahrgeschwindigkeit abhängig. Z. B. ist die Frequenz der Eigenschwingung der Wiege eines Drehgestells nur von der Länge der Wiegenpendel, dem Gewicht und der Massenverteilung des Wagenkastens abhängig. Die Rucke oder Änderungen der Querbesehleunigung in der Zeit sind also in diesem Fall den

Querbesehleunigungen  $\frac{v^2}{R}$  proportional. Beide hier einzeln betrachteten Erscheinungen treten in Wirklichkeit gleichzeitig auf und bewirken, daß die maximalen Rucke weder proportional sind  $\frac{v^2}{R}$  noch  $\frac{v^3}{R}$ , sondern dem Wert  $\frac{v^n}{R}$ , wobei n zwischen 2 und 3 liegen muß.

Interessant ist ein Vergleich der in Schaubild 2 dargestellten Ergebnisse mit den bisher gebräuchlichen Ausdrücken, die zur Festsetzung der Höchstgeschwindigkeit in Gleisbögen benutzt werden. Diese gehen zumeist von einem

bestimmten Höchstwert für  $\frac{v^2}{R}$  oder auch für  $\frac{v^3}{R}$  aus. Bei

der Deutschen Reichsbahn werden die Formeln  $V = 3\sqrt{R}$  und  $V = 9\sqrt[3]{R}$  benutzt. Diese Ausdrücke wurden aufgestellt auf Grund von Erfahrungen über die Annehmlichkeit der Fahrt. Die nach diesen beiden Formeln berechneten Höchstgeschwindigkeiten sind ebenfalls in Schaubild 2 eingetragen.

Bei engen Krümmungen ergibt der Ausdruck  $V = 9\sqrt[3]{R}$  höhere Werte für die Höchstgeschwindigkeit als die Formel  $V = 3\sqrt{R}$ , während bei Bögen mit großen Halbmessern das Umgekehrte der Fall ist. Der Mittelwert für diese beiden Kurven wird etwa durch eine Linie gebildet, die den Kurven für  $\Psi_{\max} = \text{const.}$  entspricht. Er dürfte ungefähr bei  $\Psi_{\max} = 6,4$  liegen. Die Kurven für  $\Psi_{\max} = 6,4$  ist strichpunktiert in Schaubild 2 eingetragen. Es ist auffällig, daß die auf Grund von Erfahrung festgesetzten Formeln zur Bestimmung der Höchstgeschwindigkeit im Mittel eine Funktion ergeben, die den hier rechnerisch ermittelten Ergebnissen entspricht.

Wenn man den in den Drehzapfenquerschnitten wirkenden Ruck  $\Psi_{\max} = 6,4$  als höchstzulässig ansieht, lautet Gl. 2):

$$V = \left(\frac{6,4}{0,433}\right)^{0,643} \cdot R^{-0,403} \quad \text{oder} \quad \frac{V^{2,47}}{R} = 75$$

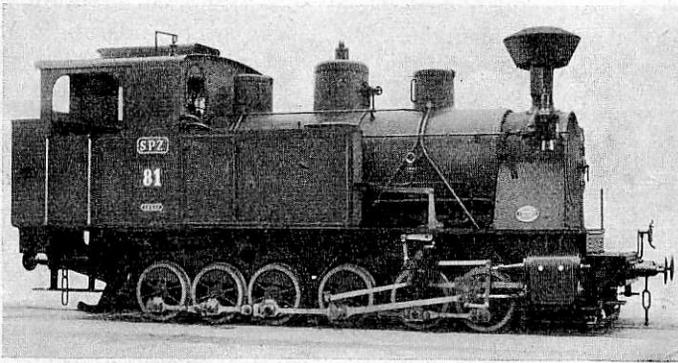
mit guter Annäherung  $\frac{v^{2,5}}{R} = 75$  oder  $\frac{v^{2,5}}{R} = 3,1$ . Mit diesem Ausdruck läßt sich rasch die zu jedem Bogenhalbmesser

gehörige Geschwindigkeit bestimmen. Eine Formel der gleichen Art läßt sich natürlich auch für jeden anderen Wert von  $\Psi_{\max}$  aufstellen, den man für zulässig erachtet.

## Rundschau.

### F-gekuppelte Tenderlokomotive für Meterspur.

Für eine meterspurige Bahnlinie mit Höchststeigungen von 80 v. T. und vielen Gleisbögen bis herab zu 30 m Halbmesser wurde von der Lokomotivfabrik Krauß-Maffei in München eine F n2-Tenderlokomotive geliefert. Bei einem zulässigen Achsdruck von 4,5 t soll diese auf einer Dauersteigung einen Zug von 54 t und auf der größten Steigung einen solchen von 27 t befördern. Als Brennstoff gelangt Holz mit teilweise bis zu 50 v. H. Feuchtigkeit zur Verwendung. Die vielen engen Gleisbögen und Gegenbögen stellten an die Ausbildung des Laufwerkes besondere Anforderungen. Von den sechs Achsen sind lediglich die beiden mittleren im Rahmen mit 920 mm Abstand fest gelagert. Ihre Räder besitzen geschwächte Spurkränze. Die übrigen vier Achsen besitzen jederseits 20 mm Seitenspiel. Zur besseren Führung sind die beiden vorderen und die beiden hinteren durch eine Deichsel mit im Hauptrahmen festem Drehpunkt verbunden. Bei 4150 mm gesamtem Achsstand beträgt die geführte Länge der Lokomotive (Entfernung der Drehzapfen) 3380 mm. Hierdurch ist in jedem Falle ein zwangloser Lauf im Gleisbogen und eine Verteilung des Führungsdruckes auf zwei Spurkränze erreicht. Die Zylinder treiben die dritte Achse. Die Kuppelstange zwischen dritter und



F-gekuppelte Tenderlokomotive für Meterspur.

vierten Achse besitzt an ihren äußeren Enden je ein Kreuzgelenk, damit die Stangen dem Seitenspiel der Endachsen folgen können. Die zweite und fünfte Achse besitzen verlängerte Kuppelzapfen. Die Abfederung ist als Dreipunktaufhängung ausgebildet. Wegen der starken Steigungen ist, ähnlich wie bei manchen Zahnradlokomotiven, der Stehkesselmantel nach hinten ansteigend und die Feuerbüchse nach hinten geneigt ausgeführt. Da bei der Talfahrt die Zuglast 165 t, die Geschwindigkeit (Höchstgeschwindigkeit) 30 km/h beträgt, ist die Lokomotive mit der Riggenbachbremse ausgerüstet. Außerdem besitzt sie eine Spindelbremse, die auf die erste, dritte, vierte und sechste Achse wirkt. Der übrige Aufbau der Lokomotive zeigt nichts besonderes. Der Wasservorrat wird zum Teil im Kastenrahmen, zum Teil in seitlichen Kästen mitgeführt. Das Holz liegt im linken Kasten und hinter dem Führerhaus. Die Hauptabmessungen dieser Lokomotive sind:

Zylinderdurchmesser und Hub . . . . .	320/350 mm
Treibraddurchmesser . . . . .	700 "
Rostfläche . . . . .	1,2 m <sup>2</sup>
Heizfläche, wasserberührt . . . . .	66,82 "
Dampfdruck p . . . . .	14 kg/cm <sup>2</sup>
Wasservorrat . . . . .	2550 l
Holzvorrat . . . . .	2200 "
Leergewicht/Dienstgewicht . . . . .	20/26 t

Dr. W. Lübsen, VDI.

(Die Lokomotive, Januar 1940.)

### Die erste russische elektrische Schnellzuglokomotive.

Die russischen Eisenbahnen haben für den Schnell- und Personenzugverkehr auf elektrifizierten Strecken die erste Schnellzuglokomotive in Dienst gestellt, die aller Voraussicht nach genau so wie die Güterzuglokomotive Co-Co vereinheitlicht wird. Die Lokomotive Bauart 2Co2 der Reihe PB21 wird mit Gleichstrom 3000 V betrieben und hat ein Dienstgewicht von 124 t. Hiervon wiegen der mechanische Teil 72,50 t, der elektrische Teil 51,00 t. Der Rest von 0,5 t entfällt auf die Dienstvorräte. Bei einer Stundenleistung von 2040 kW und Stundenzugkraft von 11 000 kg beträgt ihre Geschwindigkeit etwa 70 km/h. Sie ist instande, Höchstgeschwindigkeiten bis zu 130 km/h zu entwickeln. Die Gesamtlänge der Lokomotive über Puffer beträgt 16 578 mm, der Treibradstand 2400 mm und der Treibraddurchmesser 1850 mm. Die Lokomotive besitzt einen durchgehenden Rahmen, in dem zwei zweiachsige Laufdrehgestelle angeordnet sind. Der Lokomotivrahmen ist als Außenrahmen ausgeführt und zwecks Gewichtsverminderung mit zahlreichen Ausschnitten versehen, durch die auch die Überwachung der innerhalb des Rahmens liegenden Teile erleichtert ist. Der Rahmen des Laufdrehgestelles ist aus Stahlblechen von 32 mm Stärke hergestellt und mit Hilfe eines gegossenen Querbalkens zusammengehalten. Für die Abbremsung der Lokomotive und des Zuges ist eine elektrische Widerstandsbremse vorgesehen, für die die Anfahrwiderstände ausgenutzt werden. Außerdem besitzt die Lokomotive noch eine Druckluftbremse, Bauart Westinghouse. Die erforderliche Druckluft (112 m/h gegen 8 atü) wird von einem Luftpumpensatz von 19 kW Dauerleistung bei 3000 V und 1450 Umdr./Min. und von zwei Achsluftpumpen gefördert.

Die hochgelagerten Gestellmotoren sind als Doppelmotoren für 2.250 A Stundenstrom ausgeführt. Die Anker eines Doppelmotors sind in Reihe geschaltet.

Die Übertragung des Motordrehmomentes auf die Treibräder geschieht durch ein doppelseitiges Vorgelege von 3,02:1, dessen Großräder auf einer in dem Motor gelagerten Hohlwelle sitzen. An die Großradscheiben sind je acht Ausleger angeschraubt, die in Töpfen gelagerte Federn tragen und mit diesen zwischen die mit Druckplatten versehenen Radspeichen hindurchgreifen. Die Hohlwelle umfaßt die Kernachse mit einem einseitigen Spiel von 51,5 mm, so daß also auch bei stärksten Stößen die Kernachse nicht zum Anliegen an die Hohlwelle kommt. Abgesehen von verschiedenen kleinen Abänderungen entspricht die gewählte Übertragungsart dem bekannten AEG-Federtopfantrieb.

Die Steuerung der Lokomotive erfolgt mit Hilfe von elektropneumatischen Schützen. Es sind folgende Schaltungen der Motoren vorgesehen.

1. Alle sechs Anker (drei Doppelmotoren) hintereinander; dabei hat man folgende Stellungen: 15 Widerstandsstufen und drei Dauerstufen, wobei eine bei vollem und zwei bei geschwächtem Feld (15 W + 1 D + 2 D).

2. Drei Anker hintereinander und zwei Gruppen parallel. Dabei ist die Stufenzahl 10 W + 1 D + 2 D.

3. Zwei Anker hintereinander und drei Gruppen parallel. Dabei ist die Stufenzahl 8 W + 1 D + 2 D.

Als Schutz gegen Kurzschlüsse und Überlastungen sind ein Schnellschalter und für jede Motorgruppe je ein Motorstromrelais vorgesehen. Bei der Überlastung in einem der Motorstromkreise veranlaßt das Relais die Abschaltung des Schnellschalters. Beim Ansteigen der Fahrdrachtspannung auf über 3600 V spricht ein Überspannungsrelais an, wodurch ebenfalls der Schnellschalter abgeschaltet wird.

Als Schutz gegen Blitzgefahr usw. ist ein Aluminiumableiter vorgesehen.

Die Erbauer der ersten Schnellzuglokomotive sind die Werke „Dynamo und Kolonna“.

Elektrifikazija sh. d. Transporta.

Bc.

### Italienische Eisenbahnfahrzeuge aus nichtrostendem Stahl.

Die italienischen Staatsbahnen stellten vor kurzem sechs Personen- und zwei Gepäck- und Postwagen in Dienst, deren Kastenaufbau aus einer Art nichtrostendem Stahl, nämlich einer Legierung kohlenstoffarmen Stahles mit 18 v. H. Chrom und 8 v. H. Nickel besteht. Dieser Werkstoff kam zur Anwendung in Form von Profilstäben und von Blechen von 0,3 bis 2,8 mm Stärke. Seine mittleren Festigkeitseigenschaften sind: Zugfestigkeit 100 bis 140 kg/mm<sup>2</sup>, Dehnung 14 bis 20%. Werkstoff und Konstruktion ließen beträchtliche Gewichtsersparnisse erzielen. Die Verbindung der Bauteile erfolgte durch elektrische Widerstands-Punktschweißung, welches Verfahren für diesen Fall das günstigste ist. Eine Schweißmaschine wurde besonders entworfen, die eine feine Regelung der Stromstärke und der Schweißdauer für jeden Punkt erlaubt und sehr einfach zu handhaben ist. Eine wichtige Voraussetzung für das richtige Schweißen so dünner Bleche ist die möglichst kurze Dauer der Schweißung in der Größenordnung von einigen Zehntel Sekunden für jeden Punkt, so daß die Erhitzung örtlich sehr beschränkt bleibt. Je nach der Stärke der verschweißten Teile ändert sich der Durchmesser der Punkte und damit ihre Zerreißfestigkeit. Diese beträgt z. B. bei je zwei Blechen von 0,5 mm, 1,5 mm und 2,5 mm Stärke rund 270 kg, 1600 kg und 2600 kg. Die durchschnittliche Zugfestigkeit der Schweißstelle ist 50 kg/mm<sup>2</sup>. Die Wagen weisen folgende Hauptabmessungen auf:

	Personen- wagen	Gepäck- und Postwagen
Länge zwischen Puffer . . . . .	21 825	21 140 mm
Länge des Wagenkastens . . . . .	20 485	19 800 „
Größte Breite . . . . .	2 900	2 900 „
Größte Höhe . . . . .	3 698	3 961 „
Abstand der Drehzapfen . . . . .	15 485	14 800 „
Achsstand der Drehgestelle . . . . .	2 700	2 700 „
Dienstfertiges Leergewicht . . . . .	30	26 t

Die Personenwagen sind in acht Abteile, in der I. Klasse zu je sechs Sitzplätzen, in der II. Klasse zu je acht Sitzplätzen eingeteilt. Die Druck- und Knickfestigkeit der Wagen in der Längsachse wird durch das Gerippe der Seitenwände, nämlich in der Hauptsache vier parallelen Längsstreben mit Diagonalen und Querversteifungen, durch die Seitenwände und das Dach erreicht

(Bild 1). Die Seitenwände sind unterhalb der Fenster gewellt und 0,3 mm stark, darüber glatt und 1 mm stark; das Dach ist aus 0,5 mm starkem Wellblech gebildet mit Wellen in der Wagenlängsrichtung. Bemerkenswert sind die 1,3 m breiten, herab-läßbaren Fenster. Zur Geräuschverminderung bei Erzitterungen dienen Zwischenlagen aus Leinwand oder ein schalldämpfender bituminöser Zwischenanstrich. Die Querwände bestehen aus gewöhnlichem Stahl, da sie ja doch beiderseits verkleidet werden müssen, mit dünnen Zinkbeilagen dort, wo sich die beiden Stahl-sorten berühren, zur Verhütung elektrolytischer Vorgänge. Die Teile und Wände aus nichtrostendem Stahl tragen keinen An-strich.

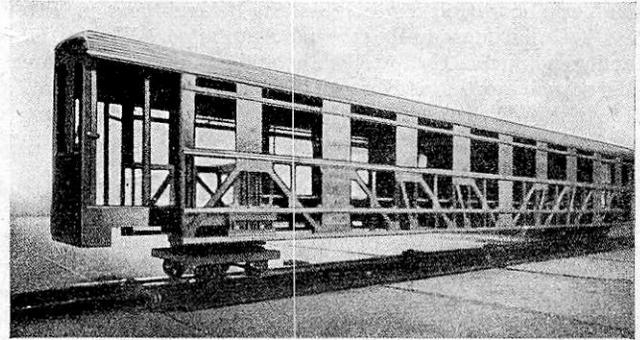


Bild 1. Gerippe der Seitenwände der Personenwagen.

Die Gepäck- und Postwagen sind in drei Abteile getrennt, für den Zugführer, das Gepäck und die Post. Die Drehgestelle beider Wagenbauarten bestehen aus gewöhnlichem Stahl und sind gegen den Wagenkasten dreifach abgedefert.

Die Gewichte je Quadratmeter Bodenfläche betragen 550 kg bei den Personenwagen und 490 kg bei den Gepäck- und Postwagen, während die neuesten, ähnlichen Wagen der üblichen Ausführung 740 bzw. 720 kg/m<sup>2</sup> wiegen. Die Gewichtsersparnis beträgt demnach 26 bis 32 v. H.

Shn.

Riv. tecn. Ferr. ital. März 1940.

## Bücherschau.

**Müller, Wilhelm, Dr. Ing. habil., ord. Professor an der Technischen Hochschule Berlin. Die Fahrdynamik der Verkehrsmittel.** Berlin: Julius Springer 1940. 432 Seiten, 236 Textabbildungen und 3 Tafeln. Preis geh. 45. — *R.M.*, geb. 46.80 *R.M.*

Mit diesem Buche übergibt der Verfasser der Fachwelt das zusammengefaßte Ergebnis einer Arbeit von zwei Jahrzehnten. Diese galt der Entwicklung einer einheitlichen Methode zur Ermittlung der Bewegungsvorgänge, Verbrauchswerte und Betriebskosten sämtlicher neuzeitlichen Verkehrsmittel. Was der Verfasser und seine Schüler über diese Gebiete bisher in zahlreichen Einzelabhandlungen veröffentlicht haben, ist, nach dem neuesten Stande der Forschung überarbeitet, zu einem geschlossenen Werke vereinigt und durch einige Abschnitte über die physikalischen und mathematischen Grundlagen der angewandten Methode sowie durch zahlreiche Anwendungsbeispiele ergänzt worden.

Diese Methode besteht darin, daß aus Diagrammen für die Beziehungen zwischen den Bewegungskräften und dem Energieverbrauch einerseits und der Fahrgeschwindigkeit andererseits, die auf Prüfständen, bei Versuchsfahrten und durch Beobachtungen gefunden sind, zeichnerisch durch stufenweise Integration Fahrweg, Arbeit und Energieaufwand für gleichbleibende Zeitschritte ermittelt werden. Durch Summierung ergeben sich daraus weiter die Fahrzeiten sowie der Arbeitsaufwand und Energieverbrauch für die gesamte Fahrstrecke. Einfachheit und Anschaulichkeit sind die großen Vorzüge des Verfahrens.

Der besondere Wert des Buches ist darin zu erblicken, daß nunmehr bei der Planung neuer Verkehrsanlagen, bei beabsichtigten Umstellungen von einem Verkehrsmittel auf ein anderes oder bei Umleitungen von Verkehrsströmen die zu erwartenden Betriebskosten mit derselben Zuverlässigkeit veranschlagt werden können wie schon seit langem beispielsweise die Baukosten eines Ingenieurbauwerks. Für jede derartige Aufgabe läßt sich die wirtschaftlichste Lösung finden, indem durch vergleichende Vorschläge das Minimum der Kostensumme aus der Verzinsung

und Tilgung der aufzuwendenden Bausumme sowie der Unterhaltung der baulichen Anlagen einerseits und andererseits aus den Betriebskosten für die jeweils in Betracht zu ziehenden Verkehrsmittel ermittelt wird.

Abschnitt I behandelt die Grundlagen der Fahrdynamik der Verkehrsmittel. Hierbei sei die eingehende und anschauliche Darstellung der auf einen Zug wirkenden Kräfte besonders erwähnt.

Der umfangreiche Abschnitt II befaßt sich mit der Fahrdynamik des Fernbahnbetriebes. Zunächst geht der Verfasser auf die Zugförderung ein. Im ersten Teil sind die Zugfahrten mit Dampflokomotiven, elektrischen Lokomotiven, Wechselstromtriebwagen, dieselelektrischen Triebwagen und Triebwagen mit hydraulischer Kraftübertragung ausführlich dargestellt, wobei für jede Antriebsart die Fahrkraftlinien aus den Leistungs- und Verbrauchstafeln sowie den Widerstandsformeln abgeleitet werden. In diesem Teil findet sich auch eine vergleichende Betrachtung über die verschiedenen Verfahren zur Fahrzeitermittlung und deren Fehler mit dem Ergebnis, daß die mit Zeitschritten arbeitenden Verfahren — wie das des Verfassers — gegenüber denen mit Geschwindigkeitsschritten den Vorzug verdienen. Der zweite Teil dieses Abschnittes bringt eine Reihe von Anwendungen in der Praxis. Er beschäftigt sich zunächst mit Kosten und Kostenvergleichen auf Grund der Betriebs- und Zugförderkostenrechnung der Deutschen Reichsbahn, geht dann auf die fahrdynamischen Grundlagen für die Aufstellung von Bahnhofsbetriebsplänen und Streckenfahrplänen ein, wobei der Anordnung der Blockstellen und Überholungsgleise besondere Aufmerksamkeit geschenkt wird, und behandelt schließlich die Zugfahrten auf Anlaufsteigungen. Der Zugförderung wird im zweiten Teile des Abschnitts I die Zugbildung gegenübergestellt. An eine knappe Darstellung der Rangierbahnhöfe und deren Personal schließt sich eine Beschreibung der verschiedenen Arten von Rangierlokomotiven sowie der auf den Rangierbahnhöfen zur Anwendung kommenden Bremsenrichtungen. Dann folgen Ausführungen über die Be-

wegung von Rangiergruppen mit Lokomotiven, über das Zerlegen und weiter über das Bilden von Zügen auf Rangierbahnhöfen. Unter diesen Überschriften findet der Leser eine zusammenfassende und erschöpfende Behandlung des weiten Gebietes der Rangiertechnik, die ihm das Rüstzeug für die Beurteilung sämtlicher Betriebsvorgänge auf Rangierbahnhöfen sowie wertvolle Hinweise für die Bearbeitung von Entwürfen in die Hand gibt. Besonders begrüßt werden dürfte der als Anhang zu diesem Abschnitt gegebene Abriß der Häufigkeits- und Korrelationsrechnung von allen denen, die einmal in die Lage kommen, Beobachtungsreihen auszuwerten und diese auf etwa bestehende Gesetzmäßigkeiten zwischen verschiedenen Erscheinungen zu untersuchen.

Der III. Abschnitt handelt von der Fahrdynamik der städtischen Verkehrsmittel, nämlich der Stadtschnellbahnen, Straßenbahnen, Oberleitungsomnibusse und Autobusse. Wegen der hier vorhandenen kurzen Haltestellenabstände werden die Fahrzeiten und Verbrauchswerte aus Netztafeln abgelesen, die aus den Fahrkraftlinien für Wegstrecken beliebiger Länge und Neigung aufgestellt werden. Den Abschnitt beschließt als Beispiel die Selbstkostenberechnung eines Straßenbahnlaufs.

Der IV. Abschnitt, der die Fahrdynamik des Bauzugbetriebes als Berechnungsgrundlage für die Kostenermittlung der Erdarbeiten enthält, wird für deren zweckentsprechende und wirtschaftliche Durchführung gleichermaßen dem Bauunternehmer wie dem Bauherrn gute Dienste leisten, bilden doch die Kosten der Erdarbeiten stets einen Hauptbestandteil, oft den größten Teil der Baukosten eines Verkehrsweges. Der Abschnitt behandelt nicht nur den Bauzugbetrieb selbst, sondern bringt darüber hinaus auch eine Fülle von Zahlenwerten aus dem Erdbau und der Fördertechnik und schließlich als Anhang eine Beschreibung der Massenermittlung nach dem Verfahren des Verfassers, das genauer und einfacher ist als das meist angewendete Verfahren von Göring.

Der V. Abschnitt ist der Fahrdynamik des Kraftwagenbetriebes gewidmet. Mit dieser Darstellung werden dem Bauingenieur erstmalig die Unterlagen für die Selbstkostenermittlung von Kraftfahrzeugbetrieben zur Verfügung gestellt. Der erste Unterabschnitt, der zugleich die Ableitung des angewandten Verfahrens enthält, beschäftigt sich mit der Güterbeförderung mit Lastkraftwagen und mit Schleppern. Der zweite Unterabschnitt bringt einen Vergleich zwischen Gleisanschluß und Kraftwagen und gibt die wirtschaftlichen Grenzen für den Einsatz dieser beiden Verkehrsmittel an. Der dritte Unterabschnitt befaßt sich mit der Personenbeförderung mit Autobussen, während der vierte schließlich zeigt, welche Wechselbeziehungen zwischen der Fahrdynamik und der Trassierung von Kraftfahrbahnen bestehen.

Im VI. Abschnitt ist die Fahrdynamik der Binnenschifffahrt behandelt. Im Anschluß an die Darstellung der Fahrwiderstände der Schiffe finden sich Beispiele für die Ermittlung des Voreilens eines treibenden Kahnens sowie für die Kostenermittlung einer Schleppfahrt.

Den Abschluß bildet der VII. Abschnitt mit der zeichnerischen Ermittlung der Flugbahn und der Flugzeit eines Motorflugzeuges. Er beweist, daß die vom Verfasser entwickelte Methode der Fahrzeitermittlung geeignet ist, auch zweidimensionale Bewegungsvorgänge einfach und anschaulich darzustellen.

Dem vom Verlage sehr gut ausgestatteten Buch ist noch ein ausführliches Schrifttumsverzeichnis beigegeben.

Dank der starken Berücksichtigung der wirtschaftlichen Seite ist das Werk nicht nur ein Lehrbuch für den werdenden Ingenieur, es wird vielmehr mit größtem Nutzen auch von allen denen benutzt werden, die nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten Verkehrs- und Transportfragen irgendwelcher Art zu bearbeiten haben, gleichviel, ob diese mit Hilfe von Schienenbahnen, Kraftfahrbetrieben, Wasserstraßen oder auch auf dem Luftwege zu lösen sind. Den Eisenbahnern im Betrieb und Bau wird es wegen der umfassenden Behandlung des Eisenbahnbetriebes besonders willkommen sein. Dr. Ing. Massute.

**Anleitungsblätter für das Schweißen und Löten von Leichtmetallen.**  
Berlin 1940. VDI-Verlag G. m. b. H.

Das Büchlein verdankt seine Entstehung einer Gemeinschaftsarbeit des Fachausschusses für wirtschaftliche Fertigung (AWF.)

beim RKW. und des VDI-Fachausschusses für Schweißtechnik. Mit dem Herausgeber, Herrn Prof. Matting, Hannover, kommen anerkannte Fachleute zu Worte. Besonders bemerkenswert ist neben der geschickten, von allem überflüssigen Ballast befreiten Darstellung die zweckentsprechende Gliederung des umfangreichen Stoffes.

Die zum Verständnis des Schweißvorganges wichtige Einteilung und Zusammensetzung der verschiedenen Aluminium- und Magnesiumlegierungen wird einleitend geschildert. Einen breiten Raum nehmen dann die einzelnen Schweißverfahren ein, die bei der Ausbesserung und Neuanfertigung verwendet werden. Seiner Bedeutung gemäß steht die Gasschmelzschweißung an erster Stelle. Anschließend werden die Lichtbogen- und Arcatomschweißung, das Weibelverfahren, die elektrische Widerstands- und Hammer-schweißung und die Schweißverbindungen an Stromleitern beschrieben. Dabei ist jeder größere Einzelabschnitt vorteilhaft weiter unterteilt nach Wirtschaftlichkeit (Grenzen der Anwendung) des Verfahrens, Schweißgeräten und Betriebsstoffen (Zusatzwerkstoffen und Flußmitteln). Die für den Schweißer wichtigen Richtlinien und Arbeitsanweisungen sind im Text vielfach besonders hervorgehoben. Vorbehandlung, Schweißausführung und Nachbehandlung werden genügend ausführlich erwähnt. Auch Angaben über Festigkeitseigenschaften und Korrosionsbeständigkeit, durch einwandfreie Versuchsergebnisse gewonnen, fehlen nicht. Der Abschnitt über das Lötverfahren bringt alles Wissenswerte auf diesem Gebiet. Die enge Verbundenheit der Schweißtechnik mit einer schweiß- und werkstoffgerechten Bauweise kommt in den Richtlinien über schweißtechnische Gestaltung zum Ausdruck. Als besonders wertvoll ist die Behandlung der für den Behälter- und Apparatebau geltenden behördlichen Vorschriften anzusehen. Ferner sind alle Prüfverfahren zusammengestellt und hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit kritisch beurteilt. Der Schluß des Büchleins bringt noch Hinweise für die Ausbildung der Leichtmetallschweißer und Ratschläge für die Unfallverhütung. Wer sich noch weitgehend mit der Leichtmetallschweißung befassen will, findet am Ende jedes größeren Abschnittes ein Schrifttumsverzeichnis der wichtigsten Veröffentlichungen.

Die Anleitungsblätter können nicht nur dem Ingenieur, sondern auch dem Werkmeister und Schweißer eine wertvolle Hilfe sein. Dem Büchlein ist daher eine erfolgreiche Verbreitung zu wünschen.  
Nachtmann.

**Auszüge aus der deutschen technischen Presse** (Rassegna della Stampa tecnica tedesca), Edizioni Italiane Roma 1940.

Ein stattlicher Band von 550 Seiten, herausgegeben unter der verantwortlichen Leitung von Dr. Josef Fera vom Italienischen Institut für den technisch-kulturellen Austausch mit Deutschland, gibt einen Überblick über das technische Schrifttum in deutschen Zeitschriften der Monate März und April 1940. Die Sammlung der teilweise mit erläuternden Diagrammen und Abbildungen versehenen Berichte in italienischer Sprache ist gegliedert in Bergwesen, Chemie, Hüttenwesen, Maschinenbau, Elektrotechnik, Textilindustrie und Verschiedenes. Der Abschnitt Maschinenbau, bearbeitet von Prof. Dr. Mario Tassarotto, ist seinerseits aufgeteilt in Werkzeugmaschinen, Schiffstechnik, Motoren, Technische Messungen, Landwirtschaftliche Maschinen, Transportwesen und Verschiedenes. Im Abschnitt Transportwesen finden wir bearbeitet: Org. Fortschr. Eisenbahnwes., Zeitschr. V.D.I., A. T. Z., M. T. Z. und Fördertechnik. Der umfangreichste Abschnitt der Sammlung ist — den italienischen Belangen entsprechend — jener über Elektrotechnik mit 129 Seiten. Stichwortverzeichnisse erleichtern das Auffinden bestimmter Gegenstände. Diese Auszüge aus der deutschen Fachpresse, welche in Abständen von zwei Monaten erscheinen, stellen eine sehr beachtenswerte Leistung der italienischen Ingenieure dar, die sicher ihre anregende Wirkung auf die dortige Industrie und den gegenseitigen Warenaustausch zwischen Italien und dem Deutschen Reich haben wird. Bekanntlich steht auch die italienische Fachpresse auf einer hohen Stufe, weshalb im Org. Fortschr. Eisenbahnwes. schon seit Jahren über einschlägige Veröffentlichungen berichtet wird.

Dr. Schneider.

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