

# Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

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

88. Jahrgang

1. Januar 1933

Heft 1

## Die Leistung der Lokomotivausbesserungswerke als Funktion der Verkehrsschwankungen.

Von Reichsbahnoberrat Schwing, Köln.

Der Fahrzeugpark einer Eisenbahn wird in seinem, durch die Erfordernisse der Betriebsführung festgelegten Bestand erhalten durch Erneuerung und Unterhaltung. Unter Erneuerung versteht man den Ersatz alter Fahrzeuge, deren Lebensalter oder deren Abnutzung eine bestimmte Grenze erreicht hat, durch neue, unter Unterhaltung die Instandsetzung von Fahrzeugen, die infolge der Beanspruchungen durch Betrieb, Verkehr und Witterung Schäden erlitten haben und mehr oder weniger betriebsunfähig geworden sind. Beide Arten der Erhaltung eines Fahrzeugparks sind eng miteinander verknüpft. Eine erhöhte Zuführung neuer Fahrzeuge als Ersatz für alte stellt eine Entlastung des Unterhaltungswesens dar, während umgekehrt durch eine weitgehende Unterhaltung die Lebensdauer der Fahrzeuge wesentlich verlängert und somit die Notwendigkeit der Beschaffung neuer Fahrzeuge vermindert wird. Die Grenze zwischen Erneuerung und Unterhaltung ist von verschiedenen Größen abhängig. Neben den rein technischen und finanzwirtschaftlichen Gesichtspunkten sind vielfach auch allgemeine volkswirtschaftliche und verkehrspolitische Erwägungen für die Abgrenzung der Erneuerung und der Unterhaltung der Fahrzeuge maßgebend.

Die durch Erneuerung und Unterhaltung gegebene Gesamterhaltung des Fahrzeugbestandes muß so durchgeführt werden, daß dem Bahnunternehmen die zur Führung des Betriebes notwendigen Fahrzeuge in betriebsfähigem Zustande stets zur Verfügung stehen. Solange Betrieb und Verkehr sich auf einer konstanten Höhe erhalten (wobei periodische Schwankungen innerhalb eines bestimmten, nicht zu großen Zeitraums, z. B. eines Jahres, ohne Bedeutung sind), ist die planmäßige Vorausbestimmung des Ersatzes von betriebsunfähig gewordenen Fahrzeugen durch betriebsfähige, sei es neue oder wiederhergestellte, mit keinen Schwierigkeiten verbunden. Anders verhält es sich jedoch, wenn Betrieb und Verkehr infolge einschneidender Konjunkturänderungen im Wirtschaftsleben starken Schwankungen unterworfen sind.

Die Bereitstellung betriebsfähiger Fahrzeuge als Ersatz für betriebsunfähig gewordene ist abhängig von der jeweiligen Verkehrslage. Die Auftragserteilung für die Bereitstellung betriebsfähiger Fahrzeuge, d. h. die Bestellung neuer Fahrzeuge oder die Inangriffnahme der Wiederherstellung betriebsunfähiger Fahrzeuge läuft somit der Verkehrsentwicklung voraus. Solange der Verkehr sich auf einer konstanten Höhe erhält, kommt dieser Phasenverschiebung zwischen Auftragserteilung und Bereitstellung betriebsfähiger Fahrzeuge keine besondere Bedeutung zu. Steigt jedoch von einem bestimmten Zeitpunkt an der Verkehr und somit der Bedarf an Fahrzeugen, so kann der Fall eintreten, daß infolge einer ungenügenden Auftragserteilung die Bereitstellung betriebsfähiger Fahrzeuge hinter den Bedürfnissen des Verkehrs zurückbleibt. Besonders groß kann die Gefahr eines Fahrzeugmangels werden, wenn ein Ansteigen des Verkehrs sich nicht an eine Periode konstanten Verkehrs anschließt, sondern unmittelbar auf ein gleichmäßiges Absinken des Verkehrs, wie wir es bei der Reichsbahn seit fast 3 Jahren ohne Unterbrechung erleben; folgt.

Die Maßnahmen der Reichsregierung zur Belebung der deutschen Wirtschaft, die sich auch auf die Verkehrsent-

wicklung auswirken können, lassen es angebracht erscheinen, Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Verkehrsentwicklung und Fahrzeugbereitstellung anzustellen. Ob in dem konstanten Rückgang des Verkehrs nur insoweit eine Änderung eintritt, als das Absinken sich verlangsamt oder ganz aufhört, oder ob auf das Absinken unmittelbar ein Ansteigen folgt, bleibt zunächst gleichgültig. Die Untersuchungen behalten für jede Art der Verkehrsänderung ihre grundsätzliche Bedeutung.

Den wichtigsten Bestandteil eines Eisenbahn-Fahrzeugparks bilden die Triebfahrzeuge. Im folgenden soll die Erneuerung und Unterhaltung der Dampflokomotiven der Reichsbahn im Zusammenhang mit der Verkehrsentwicklung einer rückblickenden und ausblickenden kritischen Betrachtung unterzogen werden.

Von den beiden Arten der Erhaltung eines Fahrzeugparks, nämlich der Erneuerung und der Unterhaltung, kommt im allgemeinen der Unterhaltung die Hauptbedeutung zu. Bei der Reichsbahn im besonderen trat in den letzten Jahren die Erneuerung der Dampflokomotiven gänzlich in den Hintergrund, so daß die Erhaltung des für die Betriebsführung notwendigen Lokomotivbestandes im wesentlichen dem Unterhaltungswesen zur Last fiel. Aus Zusammenstellung 1 ist das Verhältnis der neu beschafften Lokomotiven zu den instandgesetzten zahlenmäßig zu ersehen. Unter den instandgesetzten Lokomotiven werden die Lokomotiven verstanden, die mit einer Hauptausbesserung die Ausbesserungswerke verlassen haben.

Zusammenstellung 1.

	1929		1930		1931	
		%		%		%
Neu beschaffte Dampflo.	26	0,23	77	0,86	115	1,8
Instandgesetzte Dampflo.	11045	99,77	8992	99,14	6389	98,2
Insgesamt	11071	100	9069	100	6504	100

Aus den Zahlen der Zusammenstellung 1 geht hervor, daß selbst eine wesentliche Erweiterung der Neubeschaffung keine nennenswerte Entlastung des Lokomotivunterhaltungswesens bedeuten würde. Eine Untersuchung über die Erhaltung des für die Betriebsführung notwendigen Lokomotivparks wird also im wesentlichen auf eine kritische Betrachtung der Leistungen des Unterhaltungswesens im Zusammenhang mit der Verkehrsentwicklung hinauslaufen.

Die erste Forderung, die an die Lokomotivunterhaltungsbetriebe gestellt werden muß, ist die, daß sie dem Betriebe alle Lokomotiven, die als ausbesserungsreif ausfallen, unmittelbar durch betriebsfähige ersetzen, soweit nicht eine rückläufige Verkehrsentwicklung und in Verbindung damit eine Verminderung der im Betriebe benötigten Lokomotiven den Ersatz überflüssig machen. In Abb. 1 ist zunächst allgemein die Entwicklung des Lokomotivbestandes der Reichsbahn seit dem Jahr 1929 bis zur Gegenwart dargestellt\*). Die beiden

\*) Die Unterlagen für die Konstruktion der in Abb. 1 dargestellten Kurven lieferte das Blatt W 14 der Werkstättenstatistik der Deutschen Reichsbahn.

Kurven „Den Reichsbahn-Ausbesserungswerken zur Last stehende Dampflokomotiven“ und „Betriebsfähig kalt abgestellte Dampflokomotiven“ lassen erkennen, daß die Ausbesserungswerke den Forderungen des Betriebes in der Bereitstellung ausgebesserter Lokomotiven nachgekommen sind, denn die Zahl der betriebsfähig abgestellten Lokomotiven, von denen der Betrieb im Falle des Versagens der Ausbesserungswerke hätte zehren müssen, ist seit Anfang des Jahres 1930 annähernd konstant geblieben.

Die Zahl der in den einzelnen Monaten des betrachteten Zeitabschnitts von den Ausbesserungswerken ausgeführten Hauptausbesserungen ist aus Abb. 2 zu ersehen. Als zweite Kurve findet sich in Abb. 2 die Zahl der monatlich aus dem Betriebe als reif für eine Hauptausbesserung ausgeschiedenen Lokomotiven. Die Ausbesserungswerke haben seit Anfang

Betrieb bei dem fast konstanten Verkehrsrückgang nur für einen Teil der ausfallenden Lokomotiven Ersatz benötigte. Der Teil der ausfallenden Lokomotiven, der nicht durch betriebsfähige ersetzt zu werden brauchte, konnte ausgemustert oder von der Ausbesserung zurückgestellt werden.

Die Abnahme der Leistung der Ausbesserungswerke seit dem Jahr 1929 ist ganz erheblich. Die Zahl der in den Jahren 1929 bis 1931 ausgeführten Hauptausbesserungen ist in der Zusammenstellung 2 in absoluten Werten und in % angegeben. Ferner ist in dieser Zusammenstellung die Zahl der Lokomotiven, die als reif für eine Hauptausbesserung aus dem Betriebe ausgeschieden sind, eingetragen. Während im Jahr 1929, in dem der Verkehr sich auf einer konstanten Höhe erhielt, das Verhältnis

Zahl der im Betriebe ausgefallenen Lokomotiven  $\frac{1}{1}$  annähernd

betrug, ist in den folgenden Jahren dieser Wert erheblich gesunken (vergl. Zusammenstellung 2). Zum Vergleich sind in der Zusammenstellung 2 auch die Zahlen der im Betriebe benötigten Lokomotiven aufgeführt. Infolge des Verkehrsrückgangs hat sich die Zahl dieser Lokomotiven in den Jahren 1929 bis 1931 um 12% vermindert, dagegen ist in dem gleichen Zeitraum die Leistung der Ausbesserungswerke (Zahl der Hauptausbesserungen) um 42% zurückgegangen. Die stärkere Abnahme der Leistung der Ausbesserungswerke im Vergleich zu dem Rückgang des Verkehrs findet ihre Erklärung in der eingangs erläuterten zeitlichen Verschiebung zwischen Erneuerung und Unterhaltung einerseits und Verkehrsentwicklung andererseits. Die Erneuerung und Unterhaltung läuft der Verkehrsentwicklung voraus. Wie bei einem Rückgang des Verkehrs die Leistung der Unterhaltungsbetriebe schneller sinkt als der Verkehr selbst — unter der Voraussetzung, daß eben nicht mehr alle vom

Betrieb ausgeschiedenen Lokomotiven ausgebessert werden — so muß, wie die späteren Untersuchungen zeigen werden, umgekehrt bei einem Ansteigen des Verkehrs die Leistung der Ausbesserungswerke in einem Maß, das über dem Ansteigen des Verkehrs liegt, gesteigert werden, um die von der Ausbesserung zurückgestellten Lokomotiven ausgebessert dem Betrieb wieder zuzuführen.

Zusammenstellung 2.

	1929		1930		1931	
		%		%		%
1 Hauptausbesserungen der Reichsbahn-Ausbesserungswerke . . . . .	11045	100	8992	81,5	6389	58
2 Zahl der Lokomotiven, die im Betriebe als reif für eine Hauptausbesserung ausgefallen sind . . . . .	10895	100	10688	98	8277	76
3 <u>waagerechte Spalte 1</u> . . . . .	1,01		0,84		0,77	
4 <u>waagerechte Spalte 2</u> . . . . .						
4 Zahl der im Betriebe benötigten Lokomotiven . . . . .	17427	100	16568	95	15299	88

Die Zahl der ausgeführten Hauptausbesserungen ist an sich noch kein eindeutiger Maßstab für die Leistung der Ausbesserungswerke, weil die einzelne Hauptausbesserung qualitativ von unterschiedlichem Wert sein kann. Die Unterhaltungsbetriebe könnten beispielsweise dadurch gesteigerten Anforderungen des Betriebes in der Bereitstellung betriebsfähiger Lokomotiven nachkommen, daß sie zwar eine große

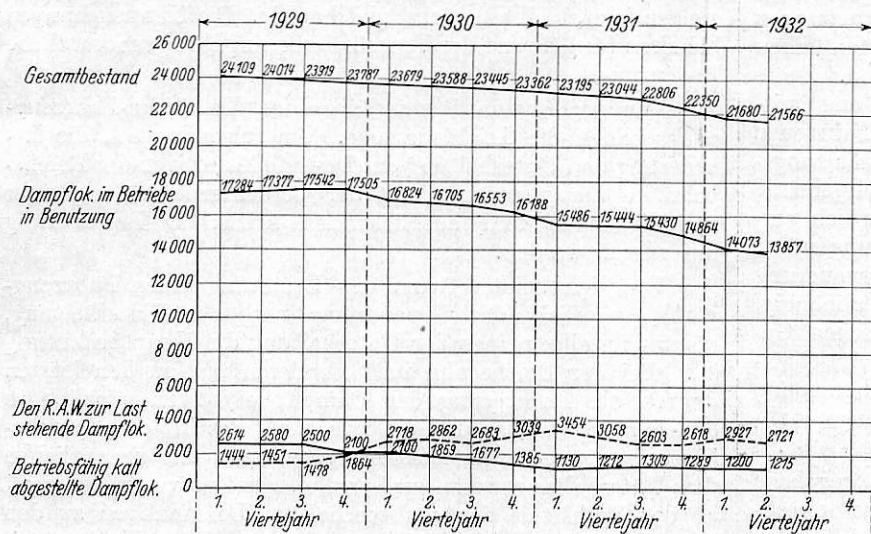


Abb. 1. Übersicht über den Bestand der Dampflokomotiven der Reichsbahn.

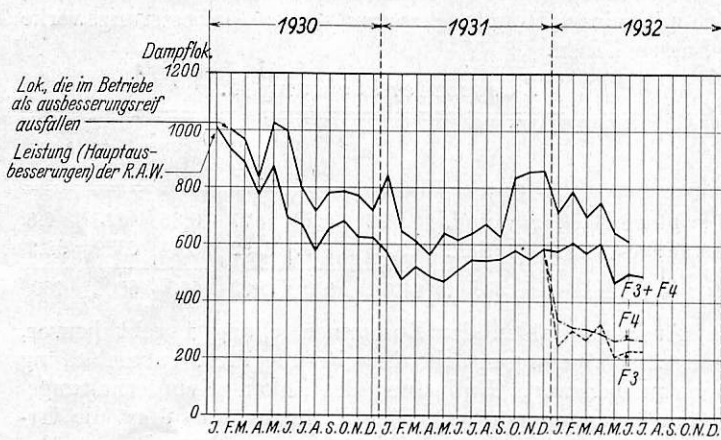


Abb. 2. Zahl der im Betriebe ausfallenden Dampflokomotiven und Leistung der Reichsbahn-Ausbesserungswerke.

des Jahres 1930, wie aus Abb. 2 hervorgeht, die Zahl der aus dem Betriebe ausgefallenen Lokomotiven mit ihrer Leistung an Hauptausbesserungen nicht mehr in vollem Umfange ersetzt, wobei die kleine Entlastung der Unterhaltungsbetriebe durch die Einstellung neuer Lokomotiven ohne Bedeutung ist (die Kurve „Gesamtbereitstellung betriebsfähiger Lokomotiven = Zahl der ausgebesserten und neu beschafften Lokomotiven“ fällt mit der Kurve „Zahl der Hauptausbesserungen“ fast zusammen). Wenn trotz des Mißverhältnisses zwischen Lokomotivausfall und -ersatz die Ausbesserungswerke, wie oben erläutert, den Anforderungen des Betriebes nachgekommen sind, so erklärt sich die augenscheinliche Minderleistung der Ausbesserungswerke nur dadurch, daß der

Anzahl von Hauptausbesserungen ausführen, dabei aber die Güte der einzelnen Ausbesserung herabsetzen. Dies würde für den Augenblick wohl eine Entlastung bedeuten, bedingt aber eine spätere Mehrleistung der Ausbesserungsbetriebe, da die minderwertiger ausgebesserten Lokomotiven schneller zum Ausbesserungswerk zurückkehren. Umgekehrt kann trotz einer Verringerung der Zahl der Hauptausbesserungen die Leistung der Unterhaltungsbetriebe durch Steigerung der Güte der Einzelausbesserung den sich aus der Betriebs- und Verkehrsentwicklung ergebenden Anforderungen in vollem Umfange gerecht werden.

Eine Bewertung der Leistung der Lokomotivunterhaltungsbetriebe nach diesen Gesichtspunkten ist so vorzunehmen, daß die in einem bestimmten Zeitabschnitt geleistete Unterhaltungsarbeit in Lokomotivlaufleistung umgerechnet und mit der gleichzeitig im Betriebe verbrauchten Lokomotivlaufleistung verglichen wird. Die Bewertung der Werkstättenarbeit in Form von Laufleistung (Lokomotivkilometer) darf nun nicht, wie es manchmal geschieht, so vorgenommen werden, daß als Werkstatteleistung die Laufleistung angesehen wird,

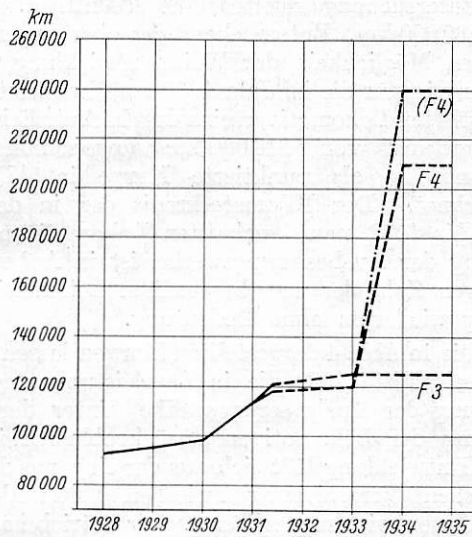


Abb. 3. Durchschnittliche Laufleistung (Lokkm) einer zur Hauptausbesserung zugeführten Dampflokomotive seit der vorangegangenen Hauptausbesserung.

die die zur Instandsetzung (Hauptausbesserung) zugeführten Lokomotiven seit der vorangegangenen Instandsetzung geleistet haben. Diese Art der Rechnung würde zur Voraussetzung haben, daß die Wertigkeit einer auszuführenden Hauptausbesserung ohne weiteres der Wertigkeit einer vorangegangenen Hauptausbesserung entspricht. Diese Voraussetzung trifft nicht zu. Bei der Reichsbahn hat sich gezeigt, daß die Wertigkeit der Hauptausbesserungen infolge werkstatttechnischer und organisatorischer Maßnahmen in den letzten Jahren gestiegen ist und noch weiter steigt. Die Umrechnung der Werkstatteleistung in Lokomotivlaufleistung ist demnach so vorzunehmen, daß jede Hauptausbesserung mit der in Zukunft zu erwartenden Laufleistung der ausgebesserten Lokomotive bis zur nächsten Hauptausbesserung bewertet wird.

Abb. 3 zeigt für die vergangenen 4 Jahre die Zunahme der durchschnittlichen Laufleistung einer zur Hauptausbesserung zugeführten Dampflokomotive seit der vorangegangenen Hauptausbesserung. Die durchschnittliche Laufleistung ist von 92500 km im Jahre 1928 auf 113000 km im Jahr 1931 gestiegen. Seit Anfang des Jahres 1932 ist in dem Lokomotivunterhaltungssystem eine Änderung eingetreten derart, daß zwischen zwei Hauptausbesserungen (nunmehr mit Hauptuntersuchungen [F 4] bezeichnet) noch eine Einfach-

untersuchung [F 3] eingeschoben wird. Durch die Einschaltung der Einfachuntersuchung wird sich die durchschnittliche Laufleistung einer Lokomotive zwischen zwei Hauptuntersuchungen wesentlich erhöhen. Vorerst (etwa bis zu Ende des Jahres 1933) wird sich jedoch die durchschnittlich zurückgelegte Laufleistung der zur Hauptuntersuchung zugeführten Lokomotiven noch nicht wesentlich ändern, da diese Lokomotiven noch keine Einfachuntersuchung erhalten haben. In Abb. 3 ist die durchschnittliche Laufleistung der in den ersten 5 Monaten des Jahres 1932 zur Einfach- und Hauptuntersuchung zugeführten Dampflokomotiven eingetragen. Eigenartiger Weise liegt die durchschnittliche Laufleistung der zur Einfachuntersuchung zugeführten Lokomotiven (120500 km) höher als die der zur Hauptuntersuchung zugeführten (118000 km), obwohl man annehmen sollte, daß für die Hauptuntersuchung nur Lokomotiven mit großer zurückliegender Laufleistung, für die sich eine Einfachuntersuchung nicht mehr lohnt, ausgewählt werden\*).

In der Abb. 3 ist für die Bewertung der Werkstatteleistung auch die mutmaßliche künftige Entwicklung eingezeichnet. Bei den zur Einfachunterstützung (F 3) zugeführten Lokomotiven werden sich die seit der vorangegangenen Hauptuntersuchung geleisteten Kilometer voraussichtlich nicht mehr wesentlich erhöhen. Ebenso wird die Laufleistung der zur Hauptuntersuchung zugeführten Lokomotiven, solange die Hauptuntersuchung unmittelbar auf eine Hauptausbesserung folgt, ungefähr den bisher gültigen Zahlen entsprechen. Auf welchen Wert die Laufleistung der zur Hauptuntersuchung zugeführten Lokomotiven wachsen wird, wenn eine Einfachuntersuchung vorangegangen ist, kann mangels Erfahrungen vorläufig nur geschätzt werden. Um für die Umrechnung der Werkstatteleistung in Lokomotivkilometer eine angenäherte Wertziffer zu erhalten, wurde angenommen, daß die Laufleistung zwischen zwei Hauptuntersuchungen mit eingeschalteter Einfachuntersuchung um 75% über der Laufleistung zwischen zwei Hauptausbesserungen ohne eingeschobene Einfachuntersuchung liegen wird. Wenn also die durchschnittliche Laufleistung zwischen zwei Hauptausbesserungen ohne Einfachuntersuchung 120000 km beträgt, so würde die Laufleistung zwischen zwei Hauptuntersuchungen mit eingeschobener Einfachuntersuchung auf 210000 km steigen. Diese Leistung ist als künftiger Wert in die Abb. 3 eingetragen. Daneben wurde noch eine zweite, allerdings unwahrscheinlichere Möglichkeit angenommen, nämlich die Steigerung der Laufleistung durch eine eingeschaltete Einfachuntersuchung um 100%. Die durchschnittliche Laufleistung würde sich in diesem Fall auf 240000 km errechnen. Diese Entwicklungsmöglichkeit ist in Abb. 3 als strichpunktierte Kurve dargestellt.

Die Werte für die künftigen Laufleistungen der Lokomotiven sind, wie aus der vorstehenden Erläuterung hervorgeht, unter Annahme einer bestimmten Entwicklung aus den bisher festgestellten Zahlen errechnet. Nun hat sich die

\*) Sofern man den geringen Unterschied nicht als Zufallsergebnis betrachten will, dürfte die Erklärung wohl darin liegen, daß ein Teil der Güterzuglokomotiven, für die an sich eine Einfachuntersuchung fällig war, nicht dem Ausbesserungswerk zugeführt worden ist aus der Überlegung, daß bei der dann möglichen nahezu geschlossenen sechsjährigen Betriebszeit sich zu lange Abstellzeiten für die von der Ausbesserung zurückgestellten Lokomotiven ergeben würden. Die Reichsbahndirektion Essen wenigstens hat bei der Zuführung der Lokomotiven zum Ausbesserungswerk diesen Gesichtspunkt gelten lassen. Eine derartige Maßnahme drückt natürlich die durchschnittliche Laufleistung der zur F 4 zugeführten Lokomotiven im Verhältnis zur durchschnittlichen Laufleistung der zur F 3 zugeführten Lokomotiven, unter denen sich dann in der Hauptsache Personenzuglokomotiven mit über dem Durchschnitt liegender Laufleistung befinden.

statistische Erfassung der Lokomotivkilometer seit dem 1. Januar 1932 insofern geändert, als die Leistung „Ruhe im Feuer“ nicht mehr zu den Lokomotivkilometern gerechnet wird. Da die Leistung „Ruhe im Feuer“ etwa 10% der Ge-

einer zur Hauptuntersuchung zugeführten Lokomotive seit der vorangegangenen Hauptuntersuchung 189000 km, bzw. 216000 km. Mit diesen umgeformten Zahlen ist die Werkstattleistung in Laufleistung umzurechnen, damit ein einwandfreier Vergleich mit den im Betriebe geleisteten Lokomotivkilometern möglich wird.

In Abb. 4 ist der Vergleich der in Laufleistung umgerechneten Werkstattleistung mit der Betriebsleistung der Lokomotiven durchgeführt. Die gestrichelte Kurve gibt die monatlich im Betrieb geleisteten Lokomotivkilometer wieder, während die ausgezogene Kurve die Monatsleistung der Ausbesserungswerke darstellt. Die letztgenannte Kurve ist, wie oben erläutert, so entstanden, daß die Zahl der Hauptausbesserungen mit der zukünftigen durchschnittlichen Laufleistung einer Lokomotive multipliziert wurde. Hierbei wurde für die Lokomotiven, die im Jahr 1930 eine Hauptausbesserung erhielten, eine zukünftige Laufleistung von 120000 km angenommen, für die Lokomotiven, die im Jahr 1931 eine Hauptausbesserung erhielten, eine zukünftige Laufleistung von 125000 km und für die Lokomotiven, die im Jahr 1932 eine Hauptuntersuchung erhielten, eine zukünftige Laufleistung

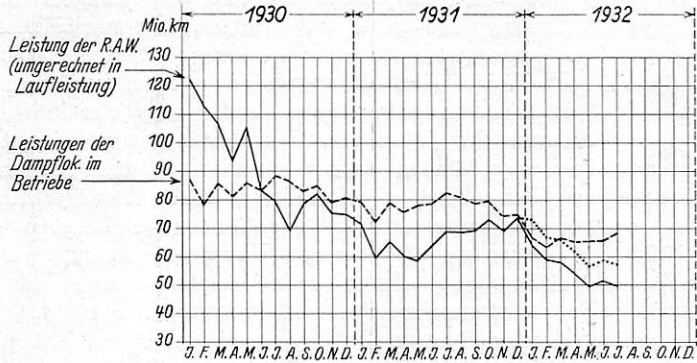


Abb. 4. Leistung der Dampflokomotiven im Betriebe und Leistung der Reichsbahn-Ausbesserungswerke.

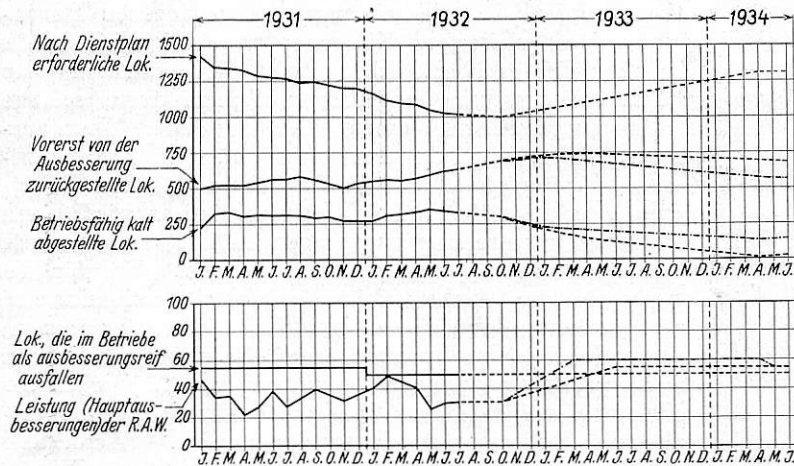


Abb. 5. Leistung der Ausbesserungswerke des Werkstättenbezirks Köln bei einem 18 Monate anhaltenden Verkehrsanstieg von insgesamt 30%.

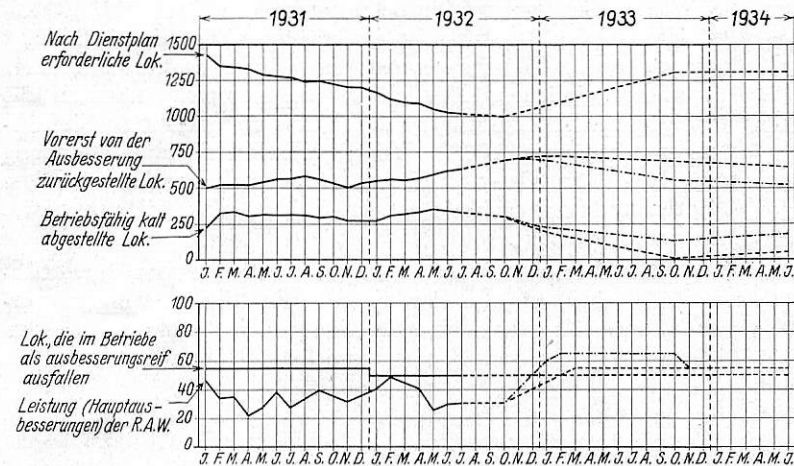


Abb. 6. Leistung der Ausbesserungswerke des Werkstättenbezirks Köln bei einem 12 Monate anhaltenden Verkehrsanstieg von insgesamt 30%.

samtlokomotivkilometer ausmachte, werden die Werte für die künftigen Laufleistungen der Lokomotiven ebenfalls um 10% unter den oben errechneten Zahlen liegen, sofern natürlich die angenommene Entwicklung wirklich eintritt. Es würde somit die Laufleistung einer zur Einfachuntersuchung zugeführten Lokomotive seit der vorangegangenen Hauptuntersuchung 112500 km betragen, die Laufleistung

von 189000 km. Entsprechend der oben angenommenen zweiten Möglichkeit der Weiterentwicklung der Laufleistung ist für die im Jahr 1932 zur Hauptuntersuchung zugeführten Lokomotiven eine durchschnittliche künftige Laufleistung von 216000 km angenommen. Diese Variante ist als punktierte Kurve in Abb. 4 eingezeichnet. Der Kilometerkredit der in den Jahren 1930 bis 1932 neu beschafften Lokomotiven als Entlastung der Ausbesserungswerke ist in Anbetracht der geringen Zahl der neu beschafften Lokomotiven wertmäßig wiederum ohne Bedeutung.

Die in Abb. 4 dargestellten Kurven lassen erkennen, daß seit Mitte 1930 die in Laufleistung umgerechnete Leistung der Ausbesserungswerke hinter der Betriebsleistung der Lokomotiven zurückgeblieben ist. Auch diese Entwicklung läßt sich aus der eingangs dargelegten zeitlichen Verschiebung zwischen Unterhaltung und Verkehrsentwicklung erklären. Der Betrieb hat während des Verkehrsrückgangs von den Kilometerkrediten der früher ausgebesserten Lokomotiven gezehrt.

Wie oben an Hand der Abb. 1 dargelegt, sind die Ausbesserungswerke in der Bereitstellung betriebsfähiger Lokomotiven den Anforderungen des Betriebes in vollem Umfang nachgekommen. Hierbei haben jedoch die näheren Untersuchungen ergeben, daß die Leistung der Ausbesserungswerke infolge der zeitlichen Verschiebung zwischen Unterhaltung und Verkehrsentwicklung bedeutend stärker als der Verkehr selbst gefallen ist. Es drängt sich nun die Frage auf, wie sich die Entwicklung gestalten wird, wenn der Verkehr wieder ansteigt. Eine Beschäftigung mit dieser Frage liegt um so näher, als die Gefahr besteht, daß dem bisherigen durch den Verkehrsrückgang bedingten starken Absinken der Leistung der Ausbesserungswerke bei einer Verkehrszunahme innerhalb eines kurzen Zeitraums ein um so größeres Ansteigen folgen wird.

In den Abb. 5 bis 8 ist unter Annahme eines bestimmten Verkehrsanstieges die Entwicklung des Bestandes der Güterzuglokomotiven (Bauart: 55, 56, 57, 58) des Werkstättenbezirks Köln und die sich aus den Anforderungen des Betriebes ergebende Leistung der Ausbesserungswerke dargestellt. Die Untersuchungen beschränken sich zunächst nur auf die Güterzuglokomotiven, weil der Güterverkehr in den letzten Jahren am stärksten zurückgegangen ist und weil im Güterverkehr am ersten eine nennenswerte Belebung zu erwarten ist. Die in den

Abb. 5 bis 8 für die Güterzuglokomotiven des Werkstättenbezirks Köln dargestellten Untersuchungen lassen sich natürlich ohne weiteres auch für die Lokomotiven anderer Bezirke oder des gesamten Reichsbahngebiets durchführen.

Die Abb. 5 bis 8 lassen in ihren oberen Teilen die Entwicklung der einzelnen Gruppen des Lokomotivbestandes (nach Dienstplan erforderliche, vorerst von der Ausbesserung zurückgestellte und betriebsfähig kalt abgestellte Lokomotiven) ersehen, während sie in ihren unteren Teilen die durchschnittlich im Betriebe als reif für eine Hauptausbesserung ausfallenden Lokomotiven und die monatliche Leistung der Ausbesserungswerke (Zahl der Hauptausbesserungen, bzw. seit 1. Januar 1932 die Zahl der Einfach- und Hauptuntersuchungen) angeben. Bis zum Juli 1932 geben die Kurven die tatsächliche Entwicklung wieder. Die Entwicklung nach diesem Zeitraum ist angenommen. Der Verlauf der Kurven bis zum Oktober 1932 ist entsprechend der bisherigen Tendenz der Verkehrsentwicklung eingezeichnet. Nach diesem Zeitpunkt sind drei verschiedene Möglichkeiten eines Verkehrsanstiegs angenommen. (Die Annahme eines Verkehrsumschwungs zum Oktober 1932 ist natürlich ganz willkürlich, es soll hier nur das Grundsätzliche einer Untersuchung über die Folgen eines Verkehrsanstiegs auf die Leistung der Ausbesserungswerke dargelegt werden.) Die Größe der Verkehrszunahme ist so angenommen, daß die Zahl der im Betrieb benötigten Lokomotiven nach dem tiefsten Stande im Oktober 1932 (1000 Stück) im Laufe eines bestimmten Zeitraums um 30% (auf 1300 Stück) ansteigt\*). Eine Zunahme der im Betriebe benötigten Lokomotiven um 30% mag zunächst sehr hoch erscheinen, es ist aber zu bedenken, daß damit nur die Zahl der im Betriebe stehenden Lokomotiven des Jahres 1931 wieder erreicht würde, eines Jahres, das im Vergleich zu den Jahren 1928 und 1929 hinsichtlich der Verkehrslage schon als sehr ungünstig bezeichnet werden muß.

Die Zu- oder Abnahme der einzelnen Gruppen des Lokomotivbestandes und die durch die Verkehrszunahme bedingte Steigerung der Leistung der Ausbesserungswerke ist in der Zusammenstellung 3 errechnet. Für den Zeitraum, in dem der angenommene Verkehrsanstieg von 30% sich abspielt, wurden drei Möglichkeiten der Untersuchung zugrunde gelegt:

1. Der Verkehrsanstieg dehnt sich über 18 Monate aus (Abb. 5, waagerechte Spalten d der Zusammenstellung 3).
2. Der Verkehrsanstieg dehnt sich über 12 Monate aus (Abb. 6, waagerechte Spalten c der Zusammenstellung 3).
3. Der Verkehrsanstieg dehnt sich über 6 Monate aus (Abb. 7, waagerechte Spalten b der Zusammenstellung 3).

Für die Bestimmung der Leistung der Ausbesserungswerke wurden zwei Möglichkeiten angenommen:

1. Die betriebsfähig abgestellte Reserve darf während des Verkehrsanstiegs vollkommen aufgezehrt werden. In diesem Falle ergeben sich die in den Abb. 5 bis 7 eingezeichneten gestrichelten Kurven.

\*) Wie im Text ausdrücklich vermerkt, wird bei den vorliegenden Untersuchungen unter einer Verkehrszunahme eine Vermehrung der im Betrieb notwendigen Lokomotiven verstanden. Bei einer beginnenden Verkehrsbelebung wird es allerdings zunächst genügen, die zur Zeit sehr schwach ausgelasteten Züge zu verstärken. Erst in dem Augenblick, in dem der Verkehr soweit wieder angestiegen ist, daß die Zahl der Züge erhöht werden muß, wirkt sich der Verkehrsanstieg auch auf die Leistung der Ausbesserungswerke unmittelbar aus.

2. Die betriebsfähig abgestellte Reserve darf nie weniger als 10% der im Betriebe benötigten Lokomotiven betragen. In diesem Falle ergeben sich die in den Abb. 5 bis 7 eingezeichneten strich-punktierten Kurven (vergl. die eingeklammerten Zahlen der Zusammenstellung 3).

Bei der Festlegung der Zahl der nach dem Oktober 1932 im Betriebe als ausbesserungsreif ausfallenden Lokomotiven wurde angenommen, daß diese Zahl sich trotz der Zunahme der im Betriebe befindlichen Lokomotiven — wenigstens bis etwa Mitte 1934 — nicht erhöht. Die Berechtigung zu dieser Annahme ist dadurch gegeben, daß die während des Verkehrsanstiegs aus der betriebsfähig abgestellten Reserve ge-

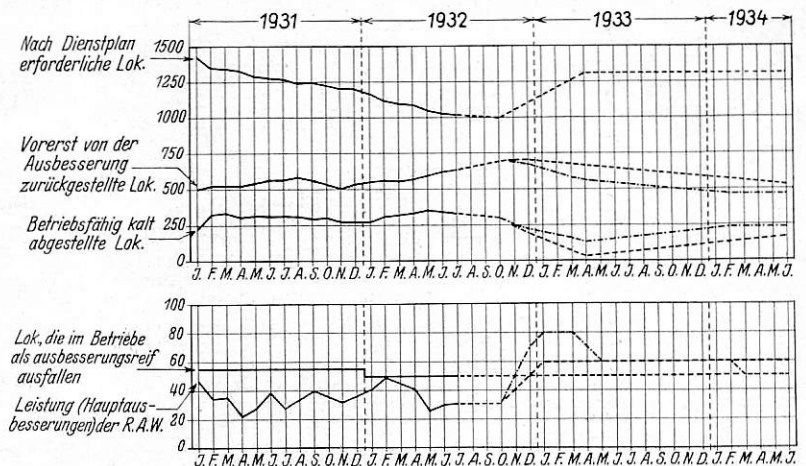


Abb. 7. Leistung der Ausbesserungswerke des Werkstättenbezirks Köln bei einem 6 Monate anhaltenden Verkehrsanstieg von insgesamt 30%.

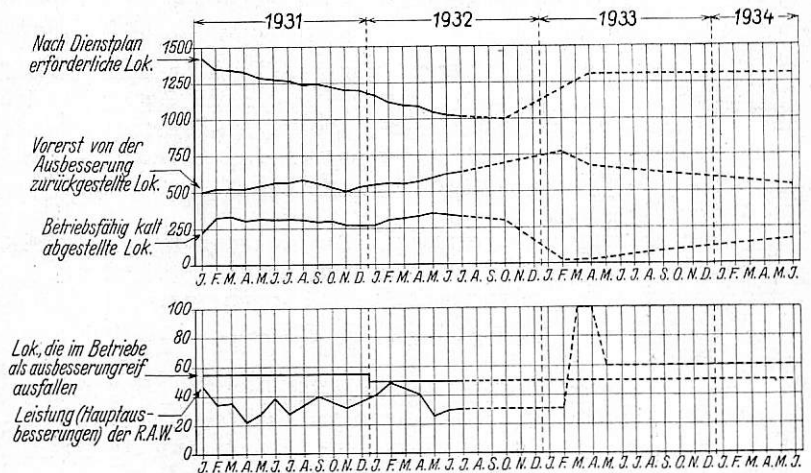


Abb. 8. Leistung der Ausbesserungswerke des Werkstättenbezirks Köln bei einem 6 Monate anhaltenden Verkehrsanstieg von insgesamt 30%.

nommenen Lokomotiven zum größten Teil noch unabgefahren sind und voraussichtlich erst etwa wieder nach 2 Jahren dem Ausbesserungswerk zugeführt werden brauchen.\*) Die Leistung

\*) Wie nachträglich nähere Feststellungen ergeben haben, weisen nicht in allen Bezirken die betriebsfähig abgestellten Lokomotiven noch den vollen Laufkredit auf. So sind z. B. im Direktionsbezirk Essen aus Gründen einer gleichmäßigen Ausnutzung des Lokomotivparks sogar Lokomotiven bis zu einer Betriebsleistung von 60000 km abgestellt. Die Annahme, daß die aus der betriebsfähig abgestellten Reserve genommenen Lokomotiven voraussichtlich erst etwa wieder nach zwei Jahren dem Ausbesserungswerk zugeführt werden brauchen, ist also zu optimistisch gewesen. Das würde bedeuten, daß bei einem Verkehrsanstieg die Zahl der als ausbesserungsreif ausfallenden Lokomotiven sich schon nach kurzer Zeit erhöht, wodurch eine zusätzliche Belastung der Ausbesserungswerke entstehen würde.

## Zusammen-

A	Güterzuglokomotiven im Werkstättenbezirk Köln (Bauart: 55, 56, 57, 58)	1932											
		Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Januar	Februar	März	April	Mai	
B	Nach Dienstplan erforderlich	a	1023	1015	1007	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1300
		b	1023	1015	1007	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1300
		c	1023	1015	1007	1000	1025	1050	1075	1100	1125	1150	1175
		d	1023	1015	1007	1000	1017	1033	1050	1067	1083	1100	1117
C	Im Betriebe fallen im Durchschnitt aus (Reif für Einfach- oder Hauptuntersuchung)	a	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
		b											
		c											
		d											
D	Durchschnittliche Leistung der Reichsbahn- ausbesserungswerke (Einfach- und Hauptunter- suchung)	a	31	31	31	31	31	31	31	31	100	100	60
		b	31	31	31	31	40 (50)	50 (70)	60 (80)	60 (80)	60 (80)	60 (70)	60
		c	31	31	31	31	35 (40)	40 (50)	45 (60)	50 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)
		d	31	31	31	31	34 (37)	37 (43)	40 (49)	43 (55)	46 (60)	49 (60)	52 (60)
E	Mehr(+)- oder Minder(-)- leistung der Reichsbahn- ausbesserungswerke (waagerechte Spalte D — waagerechte Spalte C)	a	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	+50	+50	+10
		b	-19	-19	-19	-19	-10 (0)	0 (+20)	+10 (+30)	+10 (+30)	+10 (+30)	+10 (+20)	+10
		c	-19	-19	-19	-19	-15 (-10)	-10 (0)	-5 (+10)	0 (+15)	+5 (+15)	+5 (+15)	+5 (+15)
		d	-19	-19	-19	-19	-16 (-13)	-13 (-7)	-10 (-1)	-7 (+5)	-4 (+10)	-1 (+10)	+2 (+10)
F	Im Betriebe mehr (+) oder weniger (-) benötigt gegen Vormonat (vergl. Spalte B)	a	-10	-8	-8	-7	+50	+50	+50	+50	+50	+50	0
		b	-10	-8	-8	-7	+50	+50	+50	+50	+50	+50	0
		c	-10	-8	-8	-7	+25	+25	+25	+25	+25	+25	+25
		d	-10	-8	-8	-7	+17	+16	+17	+17	+16	+17	+17
G	Zunahme (+) oder Ab- nahme (-) der betriebs- fähig abgestellten Reserve (Spalte E — Spalte F)	a	-9	-11	-11	-12	-69	-69	-69	-69	0	0	+10
		b	-9	-11	-11	-12	-60 (-50)	-50 (-30)	-40 (-20)	-40 (-20)	-40 (-20)	-40 (-30)	+10
		c	-9	-11	-11	-12	-40 (-35)	-35 (-25)	-30 (-15)	-25 (-10)	-20 (-10)	-20 (-10)	-20 (-10)
		d	-9	-11	-11	-12	-33 (-30)	-29 (-23)	-27 (-18)	-24 (-12)	-20 (-6)	-18 (-7)	-15 (-7)

Entwicklung des Bestandes der vom Werkstättenbezirk Köln zu unterhaltenden Güterzuglokomotiven der Bauarten 55, 56, 57, 58 von 30% in 6 Monaten (waagerechte Spalten a und b), in 12 Monaten

der Ausbesserungswerke während der dem Verkehrsanstieg folgenden Zeit, für die ein Beharrungszustand des Verkehrs angenommen wurde, ist so bemessen, daß durch sie die betriebsfähig abgestellte Reserve, die während des Verkehrsanstiegs mehr oder weniger aufgezehrt war, allmählich wieder aufgefüllt wird.

Die Steigerung der Leistung der Ausbesserungswerke ist zahlenmäßig für die drei angenommenen Möglichkeiten eines Verkehrsanstiegs in Zusammenstellung 4 angegeben. Das Minimum der Leistungssteigerung ist gegeben durch das Verhältnis

## Monatliche Leistung der Ausbesserungswerke

Monatlich im Betriebe als ausbesserungsreif ausfallende Lok. Während eines Verkehrsrückgangs kann dieses Verhältnis, wie es seit über 2 Jahren bei der Reichsbahn der Fall ist, unter den Wert 1,0 sinken, bei einer Verkehrskonstanz muß dieses Verhältnis mindestens 1,0 betragen (soweit nicht durch Neubeschaffung von Lokomotiven die Ausbesserungswerke entlastet werden) und bei einem Verkehrsanstieg wird es über dem Wert 1,0 liegen. Bei einem Verkehrsanstieg müssen nämlich die Ausbesserungswerke nicht nur alle im Betriebe ausfallenden Lokomotiven durch betriebsfähige ersetzen, sondern sie müssen auch darüber hinaus die vom Betriebe infolge des Verkehrsanstiegs mehr benötigten Lokomotiven bereitstellen, sobald die betriebsfähig abgestellte Reserve aufgezehrt oder an einer Mindestgrenze angelangt ist. Das oben genannte Verhältnis beträgt für die in den Abb. 5 bis 8 untersuchten Lokomotiven z. Z. etwa  $\frac{31}{50}$ . Die Steigerung der Leistung der Ausbesserungswerke an Einfach- und Hauptuntersuchungen muß demnach mindestens  $\frac{50-31}{31} \cdot 100\% = 61\%$  betragen.

Die über diesen Wert hinausgehende erhöhte Leistungssteigerung der Ausbesserungswerke, bedingt durch die Vergrößerung der Zahl der im Betriebe benötigten Lokomotiven, geht aus der Zusammenstellung 4 hervor.

## Zusammenstellung 4.

Steigerung der Leistung der Ausbesserungswerke an Einfach- und Hauptuntersuchungen bei einem Verkehrsanstieg von 30% in

	18 Monaten	12 Monaten	6 Monaten
a) wenn die betriebsfähig abgestellte Reserve aufgezehrt wird . . . . .	77,5%	77,5%	93,5%
b) wenn die betriebsfähig abgestellte Reserve nicht unter 10% der Zahl der im Betriebe benötigten Lokomotiven sinkt . . . . .	93,5%	110%	158%

Bei den bisherigen Untersuchungen über die Leistungssteigerung der Ausbesserungswerke während eines Verkehrsanstiegs wurde vorausgesetzt, daß die Ausbesserungswerke sofort zu Beginn der Verkehrsbelegung ihre Leistung erhöhen. Was geschehen würde, wenn bei einem Verkehrsanstieg die Ausbesserungswerke zunächst auf dem Stande ihrer bisherigen Leistung verbleiben würden, ist in einem krassen Beispiel in Abb. 8 dargestellt. Sobald die betriebsfähig abgestellte Reserve aufgezehrt ist, müssen die Ausbesserungswerke stoßartig ihre Leistung für einen kurzen Zeitraum um über 200% erhöhen.

Wenn auch die in Abb. 8 dargestellte Kurve für die Leistung der Ausbesserungswerke zu theoretisch konstruiert

stellung 3.

1933							1934					
Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	Nov.	Dez.	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
1200	1225	1250	1275	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300
1133	1150	1167	1183	1200	1217	1233	1250	1267	1283	1300	1300	1300
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
60	60	60	60	60	60	60	60	60	60 (50)	60 (50)	60 (50)	60 (50)
55 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	55 (65)	55	55	55	55	55	55	55	55
55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55 (60)	55	55
+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10 (0)	+10 (0)	+10 (0)
+5 (+15)	+5 (+15)	+5 (+15)	+5 (+15)	+5 (+15)	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)	+5 (+10)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+25	+25	+25	+25	+25	0	0	0	0	0	0	0	0
+16	+17	+17	+16	+17	+17	+16	+17	+17	+16	+17	0	0
+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10
+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10	+10 (0)	+10 (0)	+10 (0)	+10 (0)
-20 (-10)	-20 (-10)	-20 (-10)	-20 (-10)	-20 (-10)	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
-11 (-6)	-12 (-7)	-12 (-7)	-11 (-6)	-12 (-7)	-12 (-7)	-11 (-6)	-12 (-7)	-12 (-7)	-11 (-6)	-12 (-7)	+5	+5

und Leistung der Lokomotivausbesserungswerke des Werkstättenbezirks Köln während eines angenommenen Verkehrsanstiegs (waagerechte Spalten e) und in 18 Monaten (waagerechte Spalten d).

sein mag — in Wirklichkeit wird man die außergewöhnlich starke Spitze dieser Kurven dadurch abzufachen suchen, daß man die Laufzeit der in den beiden kritischen Monaten März und April hauptausbesserungsreif werdenden Lokomotiven durch Zwischenausbesserungen noch um einige Monate verlängert — so zeigt die Abb. 8 doch grundsätzlich, wie gefährlich eine verzögerte Anpassung der Leistung der Ausbesserungswerke an eine ansteigende Verkehrsentwicklung werden kann. Denn schon bei einer unmittelbar zu Beginn der Verkehrsbelebung einsetzenden Leistungssteigerung werden außergewöhnlich hohe Anforderungen an die Ausbesserungswerke gestellt. Wie die Zahlen der Zusammenstellung 4 erkennen lassen, errechnet sich bei einem Verkehrsanstieg von 30% die Mindestleistungssteigerung der Ausbesserungswerke auf 77,5%, d. h. die Leistung der Ausbesserungswerke steigt etwa doppelt so schnell wie der Verkehr. Auch hier also wieder, wie eingangs schon angedeutet, ein Vorauseilen der Unterhaltungsarbeit vor der Verkehrsentwicklung.

Leistungssteigerungen, wie sie in der Zusammenstellung 4 angegeben sind, bedeuten in jedem Fall eine harte stoßartige Belastung der Ausbesserungswerke. Es drängt sich die Frage auf, ob es nicht angebracht ist, eine Milderung dieser stoßartigen Beanspruchung dadurch herbeizuführen, daß schon vor einer zu erwartenden Verkehrsänderung die Leistung der Ausbesserungswerke so bemessen wird, daß wenigstens eine höhere Reserve an betriebsfähigen Lokomotiven sich ansammelt. Die z. Z. im Reichsbahngebiet betriebsfähig abgestellte Reserve beträgt etwa 18% der Zahl der im Betriebe benötigten Lokomotiven, ein Wert, der in Anbetracht der unübersichtlichen Verkehrslage wohl eher zu gering als zu hoch sein dürfte. Dabei ist zu bedenken, daß die Leistung der Ausbesserungswerke seit Mai 1932 infolge der Belegschaftsverminderung sichtlich zurückgegangen ist (vergl. Abb. 2)

und daß die Gefahr besteht, daß die z. Z. vorhandene Reserve sich noch weiter vermindert und zwar nicht nur absolut, sondern auch prozentual.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß zwischen den Änderungen des Verkehrs — gemessen an der Lokomotivbenutzung — und den Schwankungen der Auftragsgröße der Lokomotivausbesserungswerke eine bestimmte zwangsläufige Beziehung besteht und zwar solcher Art, daß die Änderungen in der Leistung der Werke denen des Verkehrs weit voraus laufen. Der Zeitabstand der Phasen ist erheblich, so daß die rechtzeitige und richtige Anpassung der Werkstättenleistung an einen Veränderungen unterworfenen Verkehr mit Schwierigkeiten und Unsicherheiten verbunden ist. Von besonderer Bedeutung ist die Wahl des Zeitpunkts, zu dem die Änderung der Werkstättenleistung vorgenommen wird, denn sie kann ihre Größenordnung wesentlich beeinflussen.

Starke Wechsel der Auftragsgröße innerhalb kurzer Zeit, die harte und stoßartige Be- und Entlastungen mit sich bringen, beeinträchtigen die Wirtschaftlichkeit der Werke und können ihre Zuverlässigkeit in der Bedienung des Betriebes und Verkehrs herabsetzen. Es erscheint zweckmäßig, den Belastungsausgleich für die Werke nicht lediglich durch Änderungen der Belegschaftsstärke oder durch ihre mehr oder weniger starke Ausnutzung (Überstunden oder Feierschichten) herbeizuführen, sondern auch dadurch, daß in Zeiten schwachen Verkehrs eine genügende Zahl betriebsfähig kalt abgestellter Lokomotiven angesammelt wird. Die Ergebnisse der Untersuchung mahnen zur Vorsicht in der Bemessung dieser Reserve in Zeiten ungewisser Verkehrsentwicklung, namentlich in den Gebieten des Reichsbahnnetzes, in denen Bergbau und Industrie vorherrschen und in denen Verkehrsveränderungen leicht auf ein Vielfaches des Reichsdurchschnitts anwachsen können.

## Das Förderwesen im Reichsbahnausbesserungswerk Berlin.

Von Werkdirektor Reichsbahnoberrat Giehler.

Die Umstellung des Ausbesserungswerkes Berlin auf die ausschließliche Behandlung von Güterwagen und die Angliederung von Sonderwerkstätten machte eine Neuordnung des Förderwesens notwendig. In ausgedehntem Umfang wurde hierbei von der Flurförderung mit Hilfe von Elektrohuckkarren Gebrauch gemacht, deren Anwendung an nachstehenden Beispielen gezeigt wird.

Das Reichsbahnausbesserungswerk Berlin, welches ursprünglich als gemischtes Werk für Ausbesserung und Untersuchung von Lokomotiven, Personen- und Güterwagen errichtet war, hat nach dem Kriege infolge der durch die Neuordnung des Werkstättenwesens bedingten Zusammenfassung der Fahrzeuge in Sonderwerkstätten mehrmals seine Bestimmung ändern müssen.

Im Jahre 1924 ergab sich die Notwendigkeit, die Lokomotiven abzustoßen und das Werk als Personen- und Güterwagenwerk fortzuführen. Eine abermalige und sehr einschneidende Änderung trat im Jahre 1930 ein, als das Werk infolge des durch Elektrifizierung der Berliner Stadt- und Ringbahn bedingten Fortfalls der Dampfzüge einen großen Teil der ihm bis dahin zugeteilten Abteilpersonenwagen verlor. Auch hatte sich inzwischen das Bedürfnis herausgestellt, die Ausbesserung und Untersuchung der im Berliner Bezirk anfallenden Güterwagen einschließlich der bisher an verschiedenen Stellen behandelten Sonderwagen möglichst in einem großen Güterwagenwerk zusammenzufassen. Da das Ausbesserungswerk Berlin wegen des reichlichen Anfalls von Güterwagen vor seinen Toren hierfür besonders geeignet erschien, wurde es für zweckmäßig erachtet, das Werk ausschließlich auf Güterwagen umzustellen. Es wurden ihm hierbei außer den freizügigen offenen und gedeckten Güterwagen aller Gattungen noch Sonderbauarten wie Großgüterwagen, vier- und mehrachsige Schienenwagen, Kühlwagen, Kesselwagen, ferner Güterzuggepäckwagen und Bahndienstwagen zugeteilt. Außerdem verblieben ihm noch oder wurden neu angegliedert verschiedene zentral arbeitende Werkstätten, darunter die Werkstätten für Überholung von Steuerventilen aller Bremsbauarten, Ausbesserung von Bremskupplungen, Herstellung von Tragfedern, Anfertigung von Holzersatzstücken für Personenwagen, Überholung von Gleisstopfmaschinen und eine Gießerei zum Ausgießen von Lagerschalen.

Die dem Werk gestellte neue Aufgabe zwang dazu, alle Baulichkeiten und Betriebseinrichtungen einer eingehenden Prüfung zu unterziehen zwecks Feststellung, ob und wieweit mit ihnen eine Erledigung der aufgetragenen Arbeiten nach modernen Fabrikationsgrundsätzen möglich sei. Die bisherige gleichzeitige Behandlung von Personen- und Güterwagen hatte eine Zersplitterung der vorhandenen Arbeitskräfte und Arbeitsvorrichtungen zur Folge gehabt, weil gleichartige Arbeiten an verschiedenen, voneinander getrennt liegenden Stellen erledigt werden mußten. Eine örtliche Zusammenfassung war daher anzustreben, wobei auch der Einführung bzw. Verbesserung der Fließarbeit für die bahnamtliche Untersuchung der Güterwagen Rechnung zu tragen war.

Eine sehr wesentliche Rolle spielte hierbei die Neuordnung des Förderwesens. Nach dem Grundsatz, daß Fertigung und Förderung untrennbar zusammengehören, war bei Festlegung des Fertigungsganges zu beachten, daß Förderungen auf ein Mindestmaß beschränkt und, soweit sie nicht vermeidbar sind, unter Zuhilfenahme geeigneter technischer Hilfsmittel so wirtschaftlich wie möglich durchgeführt werden müssen. Hierzu war eine andere Einteilung des größeren Teils der Werkräume, eine weitgehende Umstellung von Arbeitsmaschinen und eine Verlegung ganzer Arbeitergruppen

auf andere Arbeitsplätze notwendig. Auch Veränderungen an den Gleisanlagen sowie eine Verlegung von Lagerräumen und Lagerplätzen waren nicht zu umgehen.

Die bisher für Personenwagen benutzte, im Mittelpunkt des Werkes liegende Richthalle, die allein die Möglichkeit der Anlegung von Fließarbeitsgleisen bot, wurde für die Behandlung von Güterwagen eingerichtet. Um sie herum wurden die sogenannten Zubringerwerkstätten, bei deren Ausgestaltung ebenfalls auf einen Arbeitsfluß Wert gelegt werden mußte, gruppiert. Es war infolgedessen die Zuführung aller Wagenteile von der Richthalle zu den Zubringerwerkstätten und ihr Rücklauf auf kürzesten Wegen gewährleistet.

Eine wichtige Frage war, welche Hilfsmittel neben den für die Umstellung und Verschiebung von Eisenbahnwagen gebräuchlichen Einrichtungen — Drehscheiben, Schiebepöhlen, Spillen, Verschiebewinden — für die Durchführung der zahlreichen Transporte von Wagenteilen, Werk-, Betriebs-, Bau- und Altstoffen, Schmiedestücken, Hölzern, Sauerstoffflaschen, Schrot, Dreh- und Hobelspänen, Maschinenteilen usw. sowohl in und zwischen den Werkstätten, wie zwischen den letzteren und den verschiedenen Lagerstellen verwendet werden sollten. Größere, den ganzen Raum bestreichende Laufkrananlagen waren in den in Frage kommenden Hallen nicht vorhanden, hätten aber auch nur wenig ausgenutzt werden können. Es wurden daher, soweit noch erforderlich, örtlich begrenzte, dem jeweiligen Zweck angepaßte Laufkrane, Laufwinden, Schwenkkrane u. dergl. angelegt, die hierfür nicht nur ausreichten, sondern auch wirtschaftlich vorteilhafter waren.

Für die weitaus meisten Transporte kam nur die Flurförderung in Frage, weil hierdurch die Möglichkeit gegeben war, das verschiedenartige Fördergut unabhängig von den örtlichen Verhältnissen unmittelbar an seinen Bestimmungsort zu bringen. Bei der Auswahl der Flurfördermittel mußte auf eine einheitliche Bauart Wert gelegt werden, die eine vielseitige Verwendungsmöglichkeit zuließ und damit das Bedürfnis für Vorhaltung von Sonderfahrzeugen auf ein Mindestmaß beschränkte. Da außerdem eine möglichst große Fördergeschwindigkeit gefordert werden mußte und auch größere Lasten zu bewegen waren, kam nur ein mechanisch angetriebenes Fahrzeug in Betracht.

Allen diesen Voraussetzungen entsprach der Elektrokarren. Wenn diesem auch bisher schon ein wesentlicher Teil der im Werk vorkommenden Förderungen zufiel, so kamen seine Vorzüge doch erst nach der oben geschilderten Umstellung der Werkstätten und nachdem die Fahrbahnen eine weitere Verbesserung erfahren hatten, voll zur Geltung. Das Anwendungsgebiet des Elektrokarens erweiterte sich infolgedessen derart, daß neben ihm nur noch wenige Förderwagentypen für Sonderzwecke übrig blieben. Hierzu gehören verschiedene von Hand bewegte Wagen und Handhuckkarren für Bewegung von Arbeitsstücken und Wagenteilen zwischen nahe beieinander liegenden Bearbeitungs- bzw. Lagerstellen, namentlich in der Dreherei, mechanischen Holzbearbeitung, Lagergießerei, Ventilwerkstatt und der Aufarbeitungswerkstatt für Ersatzstücke. Außerdem wird bei Entladung schwerer Stücke z. B. von Puffern aus Eisenbahnwagen sowie bei Anbringung oder Abnahme von schweren Teilen wie Türen und Wänden von Eisenbahnwagen und für den Transport solcher Stücke über kurze Strecken mit Vorteil ein Einachsschleppkran verwendet.

Trotz der erheblichen Ausdehnung des Anwendungsgebiets der Elektrokarens brauchte ihre Anzahl nicht in demselben Verhältnis erhöht zu werden, weil durchweg Huckkarren



verwendet werden. Diese Bauart ermöglicht bekanntlich in Verbindung mit Ladetischen eine sehr gute Ausnutzung der Fahrzeuge, da die Stillstandzeiten für die Aufnahme der Last — die ja auf den Ladetischen gelagert wird — sehr kurz bemessen sind. Ein weiterer Vorteil liegt in dem Fortfall der Umladung des Förderguts.

Es werden Elektrokarren von der in Abb. 1 dargestellten Bauart für 1500 kg Tragkraft mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung verwendet. Die Plattform hat eine Länge von 2040 mm und eine Breite von 1150 mm. Da die Karren z. T. an Orte fahren müssen, die eine äußerst weitgehende Wendigkeit des Fahrzeugs verlangen, wurde Vierradlenkung gewählt.

Die hydraulisch-mechanische Hubvorrichtung besteht aus einer von Hand betriebenen Druckpumpe, der Rohrleitung, zwei Preßzylindern und der Plattform mit Hebelwerk. Die Pumpe arbeitet mit einer Glycerin-Wassermischung und wird durch einen wagrecht liegenden Handhebel betätigt. Infolge Anordnung eines Ausgleichhebelwerks wird erreicht, daß auch bei ungleichmäßiger Beladung der Plattform gleiche



Abb. 1. Elektrokarren mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung.

Belastungen der Preßzylinder vorhanden sind und ein gleichmäßiges Heben und Senken der Plattform gewährleistet ist. Die mit 1500 kg beladene Plattform wird mit 12 bis 15 Hüben in etwa 12 bis 15 Sekunden um 115 mm gehoben, wobei am Ende des Handhebels eine Kraft von 12 bis 18 kg auszuüben ist. Das Senken erfolgt nach Öffnen eines Absperrventils, durch welches die Druckflüssigkeit aus dem Preßzylinder entweichen kann. Die Hubvorrichtung hat sich in mehrjährigem Betrieb sehr bewährt. Als vorteilhaft wurde insbesondere das sanfte, stoßfreie Senken der Last und das Festhalten derselben in jeder Stellung ohne besondere Bremsen oder selbsthemmende Konstruktionsteile empfunden.

Die zugehörigen Ladetische haben eine Ladefläche von  $2 \times 1,40$  m und tragen seitlich der Tischplatte Rungenösen, in die nach Bedarf Rungen oder Bordwände eingesteckt werden können. Sie wurden im Werk selbst hergestellt und sind sehr kräftig gehalten, um der unvermeidlich rauen Behandlung besser standhalten zu können. An Stelle der anfangs verwendeten Ladetische mit hochklappbaren Füßen sind jetzt durchweg solche mit festen Füßen im Gebrauch, die auch in der Unterhaltung billiger sind. Es sind sechs Elektrokarren, von denen einer in Reserve steht, und 140 Ladetische vorhanden.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Einführung der Elektrokarren und ihre wirtschaftliche Durchführung ist das Vorhandensein guter Fahrbahnen. Da diese Bedingung wohl im Innern, weniger aber außerhalb der Gebäude erfüllt war, wurden im größeren Umfange Förderbahnen aus Hartsteinplatten mit Unterbeton angelegt, die sich hierfür sehr bewährt haben.

Die 3 m breite Hauptförderstraße führt zwischen den Hauptbetriebsgebäuden auf der einen und den Lagergebäuden der Stoffabteilung auf der anderen Seite an den Zufuhrgleisen entlang durch das ganze Werk. Die an der Stoffabteilung mit der Bahn ankommenden Teile werden, soweit sie nicht am Hauptlager entladen oder an den Entladegleisen gestapelt

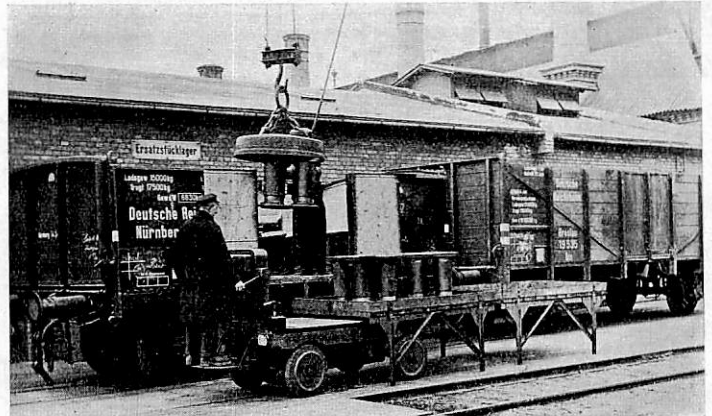


Abb. 2. Abbeförderung von Puffern nach Entladung aus dem Eisenbahnwagen.

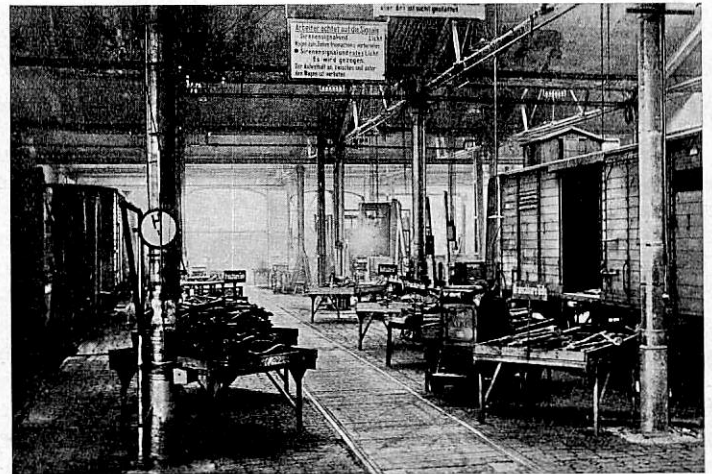


Abb. 3. Fördertische längs der Fließgleise.

werden, auf die längs der Förderstraße aufgestellten Fördertische entladen und alsdann durch Elektrokarren den Teilslagern, die sich in der Nähe der Verbrauchsstellen befinden, zugeführt. Hierfür kommen u. a. Puffer, Tragfedern, Bremsklötze, Kupplungen, Achsbuchsen, Zugvorrichtungen, eiserne Rungen, Bremsventile, Bremsschläuche in Frage. Als Beispiel zeigt Abb. 2 die Abbeförderung von Puffern. Diese sind soeben durch Dampfkran mit Hubmagnet vom Eisenbahnwagen auf den bereitstehenden Fördertisch entladen worden, der vom Elektrokarren durch Betätigung der Hubvorrichtung aufgenommen wird.

Eine wichtige Rolle spielt der Elektrokarren für die Abfuhr der von den Eisenbahnwagen abgenommenen Wagenteile und die Zufuhr der anzubringenden Teile. Ein Beispiel hierfür gibt die Abb. 3. Sie stellt den Teil des Werkes dar, in

welchem die bahnamtliche Untersuchung der Güterwagen im Fließarbeitsverfahren ausgeführt wird. Wir sehen zwei mit Güterwagen besetzte Gleise, zwischen denen eine Förderstraße hindurchführt. Beiderseits der letzteren sind in langer Reihe Fördertische aufgestellt, auf denen von den an den Güterwagen beschäftigten Arbeitern die abgenommenen Wagenteile abgelegt werden. Hierbei erfolgt sogleich eine Trennung nach Teilen, die entweder nach Reinigung sofort wieder verwendungsfähig oder instandsetzungsbedürftig oder gänzlich unbrauchbar sind. Diese Teile werden auf den vom Elektrokarren aufgenommenen Fördertischen unmittelbar ihren Bestimmungsorten — Abkocherei, Aufarbeitungswerkstätten oder Tauschlager, Schrotbansen — zugeführt. Um Leerläufe zu vermeiden,

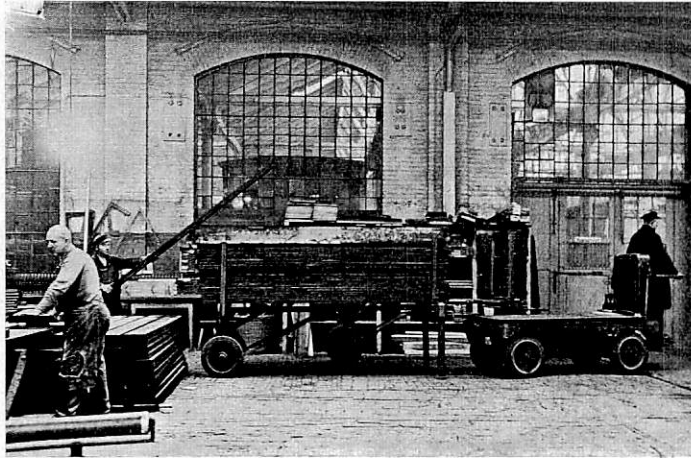


Abb. 4. Elektrokarren setzt Fördertisch mit Brettern am Eisenbahnwagen ab.

nehmen die Karren auf dem Rückwege Fördertische mit neuen oder wiederhergestellten Wagenteilen auf und setzen sie an Stelle der vorher abgefahrenen, mit alten Teilen beladenen Tische ab.

Die Fördertische werden schräg zu den Wagengleisen aufgestellt, weil hierdurch ihre Wiederaufnahme durch die Elektrokarren erleichtert wird.

Von weiteren Transporten, die durch Elektrokarren in Verbindung mit Fördertischen erledigt werden, seien noch erwähnt die Transporte der zahlreichen von äußeren Dienststellen mit der Bahn oder mit Kraftwagen bei der Güterstelle des Werkes ankommenden Geräte und Austauschteile zu den Aufarbeitungsstellen und zurück, ferner die Zuführung der im Hauptlager lagernden Stoffe, Werkstoffe, Betriebsstoffe und Ersatzstücke zu den Verbrauchsstellen sowie die Abfuhr von Altstoffen, Dreh- und Hobelspänen und sonstigen Abfällen aus den Werkstätten.

Abb. 4 zeigt die Überführung von Brettern, die in der Holzbearbeitungswerkstatt hergerichtet wurden und für aus-

wärtige Besteller bestimmt sind, zum Eisenbahnwagen. Der Elektrokarran hat soeben den mit Brettern beladenen Fördertisch, auf den zu diesem Zweck hohe Seitenwände aufgesteckt worden sind, abgesetzt und kann während der Zeit der Entladung des Fördertisches anderwärts Arbeit leisten.

Da in größerem Umfange Bretter in Längen zu befördern sind, für die die üblichen Ladetische nicht ausreichen und deren Gewicht auch die Tragkraft des Elektrokarrans überschreitet, wurde der in Abb. 5 dargestellte Einachsanhänger entwickelt. Er hat eine Achse mit gummibereiften Laufrädern und zwei feststehende Füße. Für den Transport unterfährt der mit einem Drehschemel versehene Elektrokarran den Anhänger an der offenen Seite. Durch Betätigung der Hubvorrichtung wird die eine Seite angehoben, wodurch die Füße

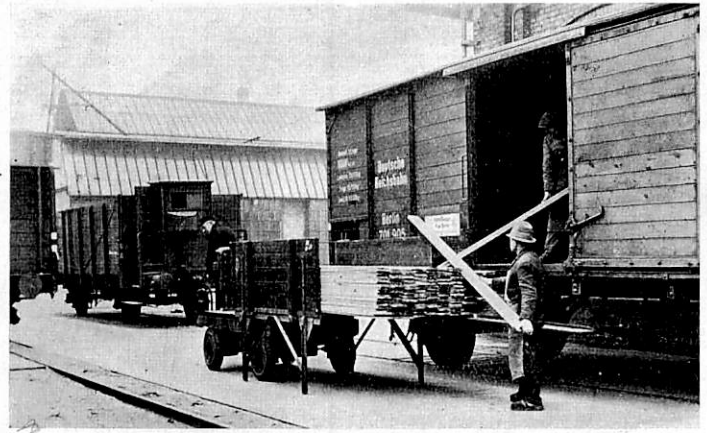


Abb. 5. Elektrokarren in Verbindung mit Einachsanhänger.

frei werden und eine Beförderung möglich wird. In Verbindung mit solchen Einachsanhängern können von den normalen Elektrokarran also auch schwerere, über die Durchschnittsbelastung hinausgehende Lasten aufgenommen werden, so daß in diesen Fahrzeugen die Einheitlichkeit gewahrt bleibt.

Es sei noch erwähnt, daß die Elektrokarran auch für den Antrieb einer Kehrmaschine, eines Schneepfluges und eines Sandstreuers Verwendung finden.

Für die Aufladung der Batterien der Elektrokarran, die zur Ausnutzung des verbilligten elektrischen Stromes während der Nachtzeit erfolgt, ist eine Gleichrichterladestation vorhanden. Jede Batterie hat einen selbsttätigen Ladeschalter, der sie bei Beendigung der Ladung abschaltet. In einer besonderen, neben dem Laderaum gelegenen, Werkstatt können alle an den Elektrokarran notwendigen Instandsetzungsarbeiten ausgeführt werden.

Abschließend kann gesagt werden, daß die Neuordnung des Förderwesens den bei Umstellung des Werkes gestellten Erwartungen voll und ganz entsprochen hat und daß wesentliche wirtschaftliche Erfolge erzielt worden sind.

## Eigenspannungen und Verschleißwiderstand von Schienen.

Vortrag auf der zweiten Schientagung im Juni 1932 in Zürich.

Von Oberbaurat Ing. M. Spindel, Wien.

Die Schienenfrage ist nicht nur für die Verbraucher, sondern auch für die Erzeuger eine höchst wichtige technische und wirtschaftliche Frage geworden. Das dementsprechende innigere Zusammenarbeiten zwischen Erzeugern und Verbrauchern hat schon sehr bedeutende Fortschritte gebracht, die sich nicht bloß auf eine bessere Erkenntnis der sehr verwickelten Schienenbeanspruchung beschränken, sondern auch zur Erzeugung und Lieferung höherwertiger verschleißfester Schienen geführt haben.

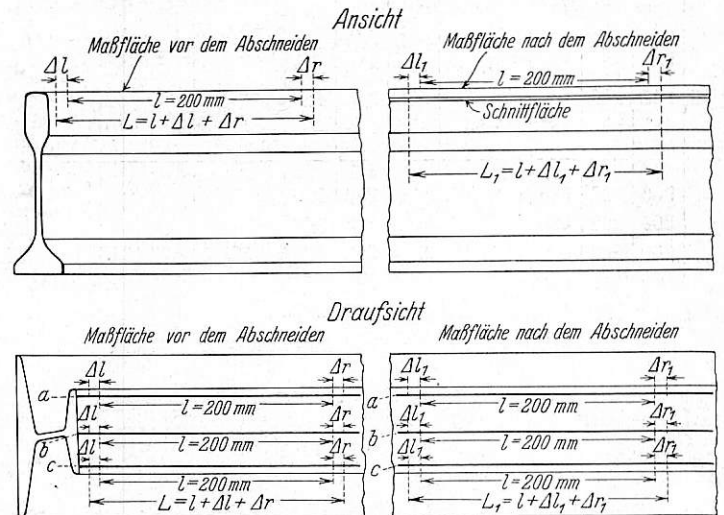
Die Schienenverbraucher pflegten bisher die für die Schiene als Träger errechnete statische und dynamische Beanspruchung in den Vordergrund zu stellen. Sobald die statische Berechnung der durch die Verkehrslasten verursachten Spannungen noch befriedigte, wurden übermäßige Schienenbrüche auf die in der Regel auch vorgefundenen Materialfehler einzelner Schienen oder ganzer Jahrgänge zurückgeführt. Erst die Innsbrucker Verschleißversuche haben uns darauf geführt, daß infolge des andauernden Kaltwalzens

der Schienen durch die Radreifen in beiden ganz bedeutende „Eigenspannungen“ in der Längsrichtung entstehen müssen und zwar Druckspannungen an der Fahrfläche und dementsprechende Zugspannungen im Innern von Schienen und Radreifen. Eigenspannungen in Werkstücken konnten nach dem Verfahren von Heyn und Bauer in Berlin-Dahlem bekanntlich in der Weise gemessen werden, daß die mit Eigenspannungen behafteten Gegenstände von außen nach innen abgedreht oder einseitig abgehobelt wurden und die Längenänderungen am jeweils verbliebenen, von den Spannungen durch die Außenschichten nach und nach befreiten Kern gemessen wurden. Je nachdem, ob im abgedrehten oder abgehobelten Teile Zug- oder Druckspannungen, dagegen im Kern Druck- oder Zugspannungen vorhanden waren, erfuhr das zurückgebliebene Probestück eine Verlängerung oder Verkürzung, worauf aus den Längenänderungen einerseits und aus dem Verhältnis der abgedrehten zu den verbliebenen Querschnittsflächen andererseits die Spannungsverteilung im gesamten Querschnitt errechnet wurde. Da der Schienenquerschnitt keine regelmäßige Form besitzt und auch die durch Kaltreckung im Betriebe entstandenen Spannungen einseitig am Kopfe der Schiene und auch da nicht sehr gleichmäßig vorhanden sind, war dieses Verfahren nicht leicht anwendbar. Verfasser hat daher ein anderes Verfahren ausgebildet, indem er die Längenmessung nicht an dem verbliebenen Kern, sondern an dem abgetrennten Teile selbst gemessen hat, wobei der abgetrennte Teil nicht mehr durch Abdrehen oder Anhobeln von Spänen, sondern durch Absägen einer mehrere Millimeter starken Schicht vom Kernstück gewonnen wurde. Es konnten auf diese Weise die in der gereckten Schicht der Fahrfläche entstandenen Druckspannungen unmittelbar für die abgetrennte Schicht ermittelt werden, nicht erst aus den Gleichgewichtsgleichungen für den ganzen Querschnitt. Die vorher gemessenen Längen erfuhr nach dem Abtrennen eine Verlängerung oder Verkürzung, je nachdem an diesen Teilen Druck- oder Zugspannungen vorhanden waren. Die Größe der in dem abgetrennten Teil vorhanden gewesenen und durch das Abtrennen gelösten Spannungen wurde wie üblich nach

der Formel  $\frac{\Delta L}{L} = \frac{\sigma}{E}$  berechnet. Eine gewisse Schwierigkeit bestand darin, die Längenmessungen vor und nach dem Abschneiden mit der nötigen Genauigkeit von 0,001 mm durchzuführen, da die hierfür in Frage kommenden Komparatoren mit zwei Mikroskopen, abgesehen von den ziemlich hohen Beschaffungskosten, auch sehr empfindlich gegen Temperaturschwankungen sind, besonders wenn die Meßlänge ausreichend groß, d. i. mit etwa 200 mm gewählt werden sollte. Diesem Übelstand hat Verfasser in der Weise abgeholfen, daß er, statt mit einem Komparator die ganze Meßlänge von 200 mm zu messen, nur die ganz kleinen Differenzen zwischen dieser Meßlänge und der auf einem stählernen Vergleichsmaßstabe angebrachten ungefähr gleich großen Meßlänge (das sind also nur Bruchteile von einem Millimeter) mit einem Meßokular (Planimeterokular nach Hirschwald für petrographische Messungen) maß. Dieses Okular hat bei 100facher Vergrößerung ein Gesichtsfeld von 1,5 mm und gestattet es,  $\frac{1}{100}$  mm als 1 mm abzulesen und  $\frac{1}{1000}$  als 0,1 mm zu schätzen. Bei einer Meßlänge von 200 mm und einem Elastizitätsmodul  $E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$  entspricht  $\frac{1}{100}$  mm oder  $\frac{1}{1000}$  cm einer Spannung von  $\sigma = 2000000 \cdot \frac{0,001}{20} = 100 \text{ kg/cm}^2$  oder

$1 \text{ kg/mm}^2$ . Das geschätzte  $\frac{1}{1000}$  mm entspricht einer Spannung von  $10 \text{ kg/cm}^2$  oder  $0,1 \text{ kg/mm}^2$ , was für alle einschlägigen Untersuchungen überaus genau und empfindlich ist. Der Vergleichsmaßstab von ungefähr 200 mm Meßlänge wurde auf einem abgebrauchten dünnen Sägeblatt (gegen den Rücken zu) mit einer Nadel angerissen. Ebenso wurden auch die Meß-

längen auf den Schienenflächen mit der gleichen Nadel angerissen. Der bewegliche Faden des Planimeterokulars ließ sich auf solchen Nadelrissen sicherer und genauer einstellen, als auf den von erstklassigen Firmen für andere Zwecke besonders hergestellten optischen Marken. Das Sägeblatt wurde mit einer Klammer an der Schiene befestigt. Die derart gemessenen Teile am Kopf, an der Seitenfläche und am Fuße der Schiene wurden in einer Stärke von rund 3 bis 4 mm mit einer Säge abgetrennt und in der gleichen Weise wieder gemessen. Solche Messungen wurden zum Vergleiche auch an ausgeglühten Schienen durchgeführt. Abb. 1 zeigt die Anordnung der Meßlinien und Marken bei Messungen auf der Fahrfläche einer Schiene. Es wurden auf der Fahrfläche die Linien a, b und c und auf diesen mit der gleichen Reißnadel je eine Anfangs- und eine Endmarke im Abstand von etwa 200 mm angerissen. Ähnlich wurden auf dem Sägeblatte in etwa 200 mm Abstand eine Anfangs- und eine Endmarke angerissen. Die Ermittlung der Längenänderungen und Spannungen ist aus den unter Abb. 1 angegebenen Formeln leicht verständlich. Aus der Übersicht Seite 12 ist zu ersehen,



a, b, c = Meßlinien,  $\Delta L = (\Delta l_1 + \Delta r_1) - (\Delta l + \Delta r)$ ;  $\sigma = \frac{\Delta L}{L} \cdot E$ .

Abb. 1. Messung der Eigenspannungen.

wie und mit welcher Genauigkeit diese Messungen in Innsbruck durchgeführt wurden, die bei vielen Dutzenden von Schienen aus dem Betrieb vorgenommen worden sind. Die Übersicht Seite 12 zeigt die Messungen an der Fahrfläche einer alten Bessemerstahlschiene mit rund  $50 \text{ kg/mm}^2$  Zugfestigkeit, bei der Eigendruckspannungen von  $1145$  bis  $1200 \text{ kg/cm}^2$  gemessen wurden. Ähnlich wurden bei der gleichen Schiene die Spannungen an der befahrenen Seitenfläche gemessen, an der oben Druckspannungen von  $200 \text{ kg/cm}^2$  und unten Zugspannungen von  $0$  bis  $90 \text{ kg/cm}^2$  festgestellt wurden. Die so gemessenen Eigenspannungen dieser Schiene an der unbefahrenen Seitenfläche erwiesen sich durchwegs als Zugspannungen. Die Spannungen an der Fahrfläche der Schiene nach dem Ausglühen sind bis auf  $50$  bis  $70 \text{ kg/cm}^2$  oder  $0,5$  bis  $0,7 \text{ kg/cm}^2$  zurückgegangen. Nach diesem von mir im Jahre 1916 ausgebildeten, später auch von den ungarischen Staatsbahnen übernommenen und mit gutem Erfolg geübten Meßverfahren konnten wir damals in etwa  $3$  bis  $4 \text{ mm}$  starken Streifen unterhalb der Fahrfläche länger befahrener Schienen Eigendruckspannungen bis über  $2000 \text{ kg/cm}^2$  direkt messen\*), welchen Druckspannungen gewisse, leider nicht direkt meßbare Zugspannungen im Innern der Schiene das Gleichgewicht halten mußten. Diese sehr hohen Eigenspannungen ergaben zusammen

\*) In der Versuchsanstalt der ungarischen Staatsbahnen wurden nach dem gleichen Verfahren an Schienen sogar Eigenspannungen bis zu  $2600 \text{ kg/cm}^2$  festgestellt.

Messung der Eigenspannungen an Schienen aus dem Betrieb.

Wertlinie		Schienenstahl: B St Kladno — 1883.      Liegedauer: 31 Jahre.      Erprobte Fläche: Fahrfläche — Kopf.																		Spannung (II.—I.) · 10 kg/cm <sup>2</sup>	
		Abmessungen in 1/1000 mm																			
		I. Vor dem Abschneiden									II. Nach dem Abschneiden										Unter- schied II./I.
		links = Δ l				rechts = Δ r				Sa Δ l + Δ r	links = Δ l <sub>1</sub>				rechts = Δ r <sub>1</sub>				Sa Δ l <sub>1</sub> + Δ r <sub>1</sub>		
1	2	3	4	Mittel	6	7	8	9	10	11	12	13	Mittel	15	16	17	18	19	20	21	
a	682	650	750		790	920	848			770	718	895		710	638	576					
	660	450	548		230	360	290			320	265	445		285	210	150					
	202	200	202	202	560	560	558	560	762	450	453	450	451	425	428	426	426	877	115		
	860	770	638		842	730	875			775	915	835		840	810	760					
	570	480	346		370	260	403			480	620	538		257	230	180					
	290	290	292	291	472	470	472	472	763	295	295	297	296	583	580	580	581	877	114	1145	
b	815	730	787		940	840	787			732	900	865		980	930	818					
	455	370	428		390	293	238			288	455	420		406	355	242					
	360	360	359	360	550	547	549	549	909	444	445	445	445	574	575	576	575	1020	111		
	830	775	665		728	765	890			768	848	890		902	881	795					
	345	290	178		303	340	468			228	310	352		420	400	312					
	485	485	487	486	425	425	422	424	910	540	538	538	539	482	481	483	482	1021	111	1110	
c	960	920	940		930	900	990			935	887	915		890	950	908					
	300	262	280		245	213	305			210	160	188		150	212	168					
	660	658	660	660	685	687	685	686	1346	725	727	727	726	740	738	740	740	1466	120		
	975	943	878		743	825	908			780	865	892		945	982	875					
	280	248	182		92	175	260			160	245	272		100	138	30					
	695	695	696	695	651	650	648	650	1345	620	620	620	620	845	844	845	845	1465	120	1200	

mit den durch die Verkehrslasten hervorgerufenen Zug- und Druckspannungen Gesamtspannungen, die gerade bei den weichen, an der Fahrfläche stark kalt gehärteten Schienen die Dauerfestigkeit des Werkstoffes überschritten. Die Folge davon waren sehr feine Querrisse im Schienenkopf mit darauffolgenden unzulässig vielen Schienenbrüchen, die zur Auswechslung der äußerlich noch tadellos erhaltenen Schienen führten.

Große Eigenspannungen mit darauffolgenden Querrissen im Schienenkopf, die zu Brüchen führten, sind nun auch bei den sehr harten Schienen der amerikanischen und europäischen Stahlwerke festgestellt worden und zwar zum Teil sogar noch vor der Betriebsbeanspruchung. Die großen Bedenken, die diese Eigenspannungen und Rißbildungen in der Fachwelt auslösten, kommen auch in den Vorträgen von Dr. Kühnel und Dir. Walter Schäfer auf der Schientagung 1930 in Düsseldorf sowie im Vortrage von M. H. Viteaux auf dem internationalen Kongreß 1930 in Lüttich zum Ausdruck. Ich habe immer davor gewarnt, den höheren Verschleißwiderstand bei Eisenbahnschienen durch übermäßige Festigkeiten zu erstreben, da zu harte Schienen aus unlegiertem Stahl stark bruchempfindlich sein können. Nach den Untersuchungen Schäfers sind diese Eigenspannungen und Spannungsrisse bei den Schienen der deutschen Reichsbahn eine Folge der ungleichmäßigen Abkühlung von Kopf und Fuß, die sich nach Schäfer gerade bei der schweren, ungünstig profilierten Schiene S 49 mit ihrer sehr großen Länge von 30 m und ihrer sehr großen Zugfestigkeit von über 90 kg/mm<sup>2</sup> so ungünstig auswirkte. Selbst wenn solche Eigenspannungen nicht mehr ausreichen, die Risse noch vor der Betriebsbelastung hervorzurufen, könnten sie dies später sehr leicht im Betriebe tun, wenn zu den Eigenspannungen die Belastungsspannungen hinzukommen. Die vom Kaiser-Wilhelm-Institut für Metall-

forschung in Dahlem durch Röntgenuntersuchung festgestellten Spannungsunterschiede im Kopf einer hochgekohten Schiene sind gewiß sehr lehrreich, doch stimme ich der Ansicht Prof. Dr. Körbers zu, daß bei der für die Röntgenuntersuchung verwendeten kleinen Scheibe die vorhanden gewesenen Eigenspannungen zum größten Teil schon verloren gegangen sein können\*).

Der Verfolgung und zweckentsprechenden Messung der Eigenspannungen in Schienen und Radreifen sollte sowohl von den Stahlwerken als auch von den Bahnverwaltungen die größte Aufmerksamkeit gewidmet werden, da hierdurch die Verkehrssicherheit in weit höherem Maße berührt ist, als durch die Größe des gerechneten Widerstandsmomentes. Von größter Wichtigkeit ist nun die von Erzeugern und Verbrauchern gemachte Feststellung, daß die weichen, aber an der Fahrfläche vergüteten oder gehärteten Schienen derartige Rißbildungen infolge von Eigenspannungen nicht aufweisen. Da die an der Fahrfläche gehärteten Schienen auch infolge des Kaltwalzens durch die Radreifen keine schädlichen Eigenspannungen zu gewärtigen haben, bedeuten diese Schienen, ganz abgesehen von ihrem höheren Verschleißwiderstande, auch im Hinblick auf die Betriebssicherheit einen ganz wesentlichen Fortschritt. Mit den technischen Einzelheiten der am Kopfe gehärteten Schienen werde ich mich gelegentlich noch näher befassen.

\*) In neuester Zeit hat Dr. Regler in Wien ein Verfahren ausgebildet, um die an der Oberfläche vorhandenen Spannungen zu messen, das ähnliche Meßgenauigkeiten gestattet wie das vom Verfasser ausgebildete optische Verfahren. Dem Röntgenmeßverfahren haftet jedoch der Nachteil an, daß damit nicht die noch tatsächlich vorhandenen Spannungen, sondern nur die Verformungen gemessen werden, welche auch durch vorhanden gewesene, aber bereits ausgelöste Spannungen hervorgerufen sein können.

Seit den Anfängen der Eisenbahntechnik wurden sehr umfangreiche Messungen und statistische Erhebungen über die verschiedenartigen Einflüsse und besonders über den Einfluß der Werkstoffbeschaffenheit auf die Schienenabnutzung gepflogen. Das ganz eindeutige, anerkannte Ergebnis all dieser jahrzehntelangen kostspieligen Untersuchungen und Erhebungen im Vereine deutscher Eisenbahnverwaltungen war, daß man den vielgesuchten Zusammenhang zwischen den üblichen Festigkeitseigenschaften wie Streckgrenze, Bruchfestigkeit, Dehnung, Einschnürung und Kugeldruckhärte einerseits und dem Schienenverschleiß andererseits nicht finden konnte\*), da sich einmal die weicheren und das andere Mal die härteren Schienen als verschleißfester erwiesen hatten. Ungeachtet dessen glaubten die Bahnverwaltungen dem stärkeren Verschleiß der Schienen in der Weise begegnen zu können, daß sie entsprechend der Erhöhung der Verkehrslasten nach je ein bis zwei Jahrzehnten die jeweilige Anforderung an die Mindestbruchfestigkeit der Schienen etwa um 5 bis 10 kg/mm<sup>2</sup> erhöhten, so daß die Mindestfestigkeiten für Schienen im Laufe der Jahrzehnte von 50 auf rund 65 bis 70 kg/mm<sup>2</sup> erhöht wurden. Heute sind meine Feststellungen auch von der Deutschen Reichsbahn und anderen Bahnverwaltungen, sowie besonders auch von hervorragenden Stahlwerken bestätigt worden, daß nämlich innerhalb des für Normalschienen in Frage kommenden Festigkeitsbereiches bis zu 85 kg/mm<sup>2</sup> die höhere Zugfestigkeit allein keine Gewähr für höheren Verschleißwiderstand gibt, da dieser durch die verschiedenartigsten Eigenheiten des Werkstoffes in viel höherem Maße beeinflußt werden kann als durch die Höhe der Zerreißeigenschaft. Baurat Dr. Kühnel hat schon in seinem Vortrage auf der Werkstofftagung 1927 in Berlin hervorgehoben, daß gerade die Schienen mit über 70 kg/mm<sup>2</sup> Festigkeit sich als weniger verschleißfest erwiesen haben, während Dir. Walter Schäfer auf der Schienentagung 1931 in Düsseldorf diesbezüglich noch etwas deutlicher wurde, indem er sagte: „In der Wahl der Festigkeitsstufe hat man sich dabei von der Tatsache leiten lassen, daß bei Festigkeiten von etwa 90 kg/mm<sup>2</sup> der Verschleißwiderstand eine sprunghafte Erhöhung erfährt, während unter dieser Grenze nur geringe Änderungen in der Verschleißfestigkeit zu beobachten sind.“ Dir. Schäfer stellt bei verschleißfesten Schienen auch nicht mehr die Zerreißeigenschaft in den Vordergrund, sondern, wie ich schon seit vielen Jahren vergebens betonte, die besondere Sorgfalt in der Herstellung und in erster Linie den Reinheitsgrad. Er sagt hierüber wörtlich: „Allen drei Herstellungsverfahren verschleißfester Schienen ist gemeinsam, daß im Stahl- und Walzwerk die größte Sorgfalt für den Reinheitsgrad des Stahls, für die Blockbeschaffenheit sowohl in bezug auf seine Oberfläche wie auf seine Kristallisation und Lunkerbildung und für die Walztemperaturen aufgewendet werden muß.“

Die Eisenbahn- und Straßenbahnverwaltungen werden die immer größer werdenden Schwierigkeiten nicht früher überwinden, bevor sie erkannt haben werden, daß die Verschleiß-eigenschaften eines Werkstoffes für Schienen oder Radreifen, ebenso wie für jeden anderen auf Verschleiß beanspruchten Gegenstand, nicht durch eine Zerreißeigenschaft, sondern nur durch eine zweckentsprechende Verschleißprüfung festgestellt werden können. Der Verschleißwiderstand ist übrigens nicht bloß für die befahrenen Flächen des Schienenkopfes von Wichtigkeit, sondern auch für die Berührungsstellen des Schienenkopfes und Fußes mit den Laschen (Laschensitz) und Unterlegplatten. An

\*) Außer dem Verfasser haben jetzt auch schon andere sehr bekannte Materialprüfstellen ganz einwandfrei festgestellt, daß das praktische Verhalten von Schienen und Radreifen gegen Verschleiß nur durch eine eigene Verschleißprüfung festgestellt, aber nicht aus anderen Prüfverfahren abgeleitet werden kann.

diesen Berührungsstellen entstehen, ebenso wie an den Laschen und Unterlegplatten selbst, sehr merkliche Abnutzungen, die nach einer Anzahl von Betriebsjahren zu immer größeren Erhaltungskosten und schließlich auch dann zu Oberbau-neulagen führen, wenn die Schienenfahrflächen noch nicht die äußerste Grenze der Abnutzung erreicht haben. Dagegen hat der Angriff der Schienen durch das sogenannte Räderschleifen mit dem Verschleißwiderstand nichts zu tun, da die Abnutzung infolge der hohen Temperatur erfolgt, die sich beim Schleifen mit sehr hoher Gleitgeschwindigkeit entwickelt.

Jede Verschleißprüfung muß richtig erfaßt, richtig ausgeführt und richtig gewertet werden, wenn sie für den Betrieb brauchbare Ergebnisse liefern soll und wenn es möglich sein soll, sie mit den Ergebnissen des Betriebes in eine richtige Parallele zu stellen. Ich verweise diesbezüglich insbesondere auf mein Referat über „Die Prüfung der Abnutzung“ auf dem Kongresse des N.I.V.M. 1927 in Amsterdam\*) sowie auf meinen Bericht in den „Ersten Mitteilungen“ des N.I.V.M. 1930 Gruppe D über „Mechanische Abnutzung“. Die Schienentagungen scheinen mir dazu berufen, auch die Verschleißprüfung ähnlich weiter zu klären, wie es der Materialprüfungskongreß 1931 bezüglich anderer Prüfmethode getan hat.

Die Bedeutung der Abnutzungsversuche liegt heute nicht mehr bloß darin, daß der Verschleißwiderstand von Schienen- und Radreifen-Werkstoffen in den der Materialprüfung möglichen Genauigkeitsgrenzen vorausbestimmt werden kann, sondern vielmehr darin, daß die Verschleißprüfung ganz eigene, sehr bezeichnende Materialeigenschaften aufzeigt, die durch die übrigen Festigkeitsbestimmungen nicht erfaßt werden können. Es kann und darf für die wissenschaftliche und praktische Stahlprüfung nicht gleichgültig sein, wenn beim Aufeinandergleiten zweier Schienen- oder Radreifenstähle mit annähernd gleichen statischen Festigkeitseigenschaften bei dem einen Stahl verhältnismäßig grobe Körner derart leicht und rasch ausbröckeln, daß in ein bis zwei Minuten (d. i. bei einem Gleitweg von bloß 20 bis 40 m) eine Abnutzungstiefe von 1 mm entsteht, während bei dem andern ganz gleich beanspruchten Stahl infolge seiner andersartigen, beim Zerreißeigenschaft nicht erfaßten Kornbindungsverhältnisse und sonstigen Eigenheiten nur allerfeinste Teilchen abgesplittert werden, so daß für die gleiche Abnutzungstiefe von 1 mm ein großes Vielfaches der obigen Zeit oder des Gleitweges benötigt wird. Worauf ist nun das mitunter sehr verschiedene Verhalten von Stahlwerkstoffen bei der statischen Festigkeitsprüfung einerseits und beim Verschleiß oder bei der Verschleißprüfung andererseits zurückzuführen? Beim gewöhnlichen Zerreißeigenschaftversuch handelt es sich um eine ausgesprochene einachsige Beanspruchung des Versuchskörpers, bei der die Teilchen mit einem sich selbst regelnden spezifischen Druck und einer sehr geringen Formänderungsgeschwindigkeit aufeinander gleiten, bis nach vorausgegangener Überwindung von Gleitwiderständen „die atomaren Bindungen sämtlich gleichzeitig gelöst werden“ (\*\*). Beim Verschleiß oder Verschleißversuch dagegen handelt es sich um eine kombinierte mehrachsige Zug-Druckbeanspruchung mit willkürlich beeinflussten, viel höheren spezifischen Gleitdrücken und Formänderungsgeschwindigkeiten der aufeinander gleitenden Teilchen, wobei nach vorausgegangener Überwindung von Gleitwiderständen „die atomaren Bindungen einzeln hintereinander gelöst werden“ (\*\*). Die Größe der Gleitgeschwindigkeit der aufeinander gleitenden Versuchsstücke beeinflusst nicht nur die Formänderungsgeschwindigkeit der kleinsten Teilchen, sondern auch das Verhältnis von Zug- und Druckkräften bei den zu

\*) Veröffentlicht in Org. Fortschr. Eisenbahnwes. 1928, Heft 2.

\*\*) Begriffsbezeichnung nach Prof. Ludwik.

verformenden Teilchen. Das Unbestimmte sowohl beim statischen Zerreiversuch als auch beim Verschleißversuch ist,

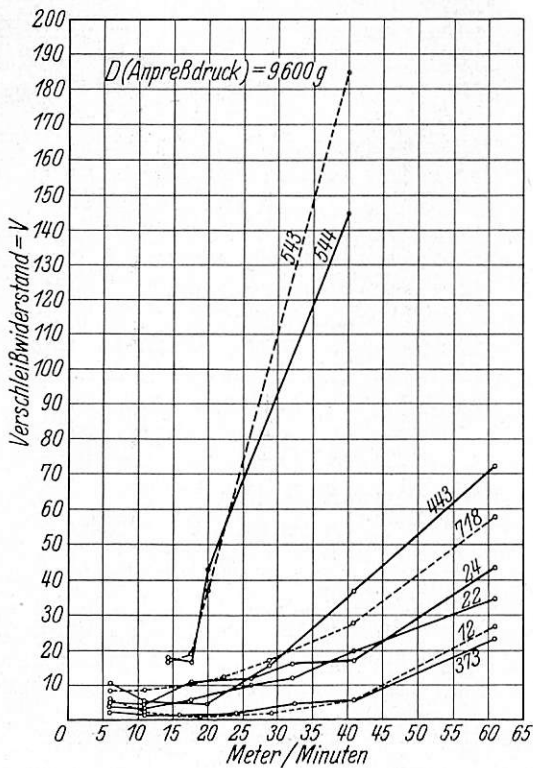


Abb. 2. Absz. = Gleitgeschwindigkeit, Ord. = Verschleißwiderstand.

daß die geleistete Formänderungsarbeit nicht auf die Trennstellen selbst beschränkt ist, sondern je nach der Form des Versuchskörpers und der Art der Versuchsausführung auch in verschiedenen großen Nebenteilen des Versuchskörpers geleistet werden muß, wodurch diese Arbeit nicht ausschließlich von den Werkstoffeigenschaften, sondern auch von der Art der jeweiligen Versuchsausführung abhängt.

Bei der Abnutzungsprfung auf der Spindelmaschine der M. A. N. wird die Verformung der von der Gleitscheibe berührten Teilchen zwangsweise so weit getrieben, bis die Lösung der atomaren Bindung erfolgt ist, während unterhalb des durch die Gleitscheibe bewirkten Einschnittes ein sich ungefähr gleichbleibender, verhältnismäßig kleiner Teil mit bloßer Verformung verbleibt. Bei der Verschleißprüfung auf der Amsler- oder Mohr- und Federhaff-Maschine kann aber ein groerer ganz unbestimmter Teil auch der von der Gegenrolle berührten und verformten Teilchen seitlich ausweichen, ohne abgerissen zu werden, so daß hier das Verhältnis zwischen den bloß teilweise verformten und den abgerissenen Teilchen sehr schwanken kann. Ähnliches erhält man auch auf der Spindelmaschine, wenn die Schleifscheibe an den Rand des Versuchsstckes gebracht wird und der Werkstoff seitlich ausweichen kann (Bartbildung), wodurch das Ergebnis mehr oder weniger berührt wird und daher viel mehr streuende Werte erhalten werden. Ebenso wie bei bloß gleitender Reibung ist auch der Verschleißversuch mit rollender plus gleitender Reibung auf der Spindelmaschine eindeutiger, da hier die Gegenscheibe mit nur 1 mm Stärke viel schmäler ist als das Versuchsstück. Nach dem Vorherigen ist es aber unzweifelhaft klar, daß die Verschleißprüfung bei bloß gleitender Reibung auch den Widerstand des Werkstoffes gegen Verformung anzeigt, was ja auch der Vergleich mit den praktischen Betrieben zweifellos bewiesen hat. (Vergl. Abb. 3 u. 4.)

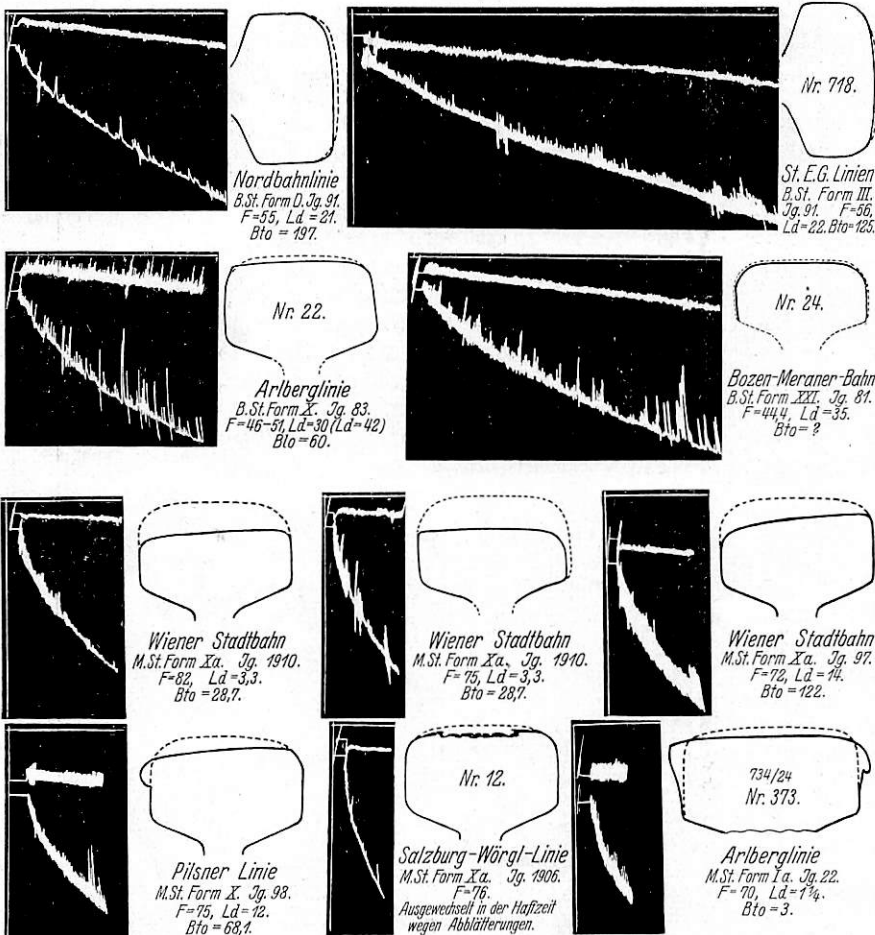


Abb. 3. Diagrammabsz. = Verschleißwiderstand, F = Festigkeit, Ld. = Liegedauer, Bto. = Millionenbruttotonnen.

Die wichtigsten Verschleifaktoren sind der Gleitdruck und die Gleitgeschwindigkeit der aufeinander gleitenden Körper. Zur Beurteilung der Verschleißfestigkeit verschleißfester Schienen- und Radreifenwerkstoffe, sollte mit dem dafür angegebenen höheren Anpreßdruck von 10 kg und nicht mit 5 kg gearbeitet werden. Der Anpreßdruck von 5 kg wurde in den ersten Jahren der Verschleißprüfung hauptsächlich zum Vergleich wenig verschleißfester Schienensthle gewählt; er sollte nur für solche genommen werden und auch nur da, wo es sich um verhältnismäßig geringe Schienenbelastung handelt. Die alten Bessemerstahlschienen z. B. zeigen nicht mehr die gleich große Überlegenheit des Verschleißwiderstandes, sobald die vergleichenden Verschleißversuche statt mit 5 kg mit 10 kg Belastung und statt mit 30 m/Minute nur mit 20 m/Minute Gleitgeschwindigkeit durchgeführt werden. Die Kalthrtung im Betriebe wirkt sich schon bei der Verschleißprüfung selbst aus, denn die Kalthrtung ist weniger eine Funktion der langen Zeit als der Groe der Krftwirkung, wie dies bei den stark kalthärtenden Sthlen mit vorwiegend Ferrit- oder Austenitkorn leicht nachgewiesen werden kann. Auch bei den sehr harten Auftragsschweiungen für Straßenbahnschienen sollte die Verschleißprüfung mit 10 kg Belastung durchgeführt werden, insbesondere in der Spurrille, wo sehr große spezifische Drücke herrschen. Für alle Stoffe, die noch eine gewisse Dehnung und Einschnürung haben, genügt die Gleitscheibe mit rund 70 kg/mm Zugfestigkeit. Für sehr harte

Werkstoffe, z. B. Hartguß, Manganhartstahl oder gehärtete Stähle, ist eine härtere Gleitscheibe aber aus einem Stoff mit guter Angriffsschärfe zweckmäßiger.

Ich habe schon wiederholt darauf hingewiesen, dass es unzulässig ist, den Verschleißwiderstand eines Werkstoffes nach bloß einer einzigen Gleitgeschwindigkeit zu beurteilen. Auch im praktischen Betriebe kommen die verschiedensten Gleitgeschwindigkeiten und verschiedenen Abnutzungen zwischen Rad und Schiene sogar gleichzeitig an der ganz gleichen Schiene und am ganz gleichen Rade vor. Deswegen ist es von größter Wichtigkeit, den Einfluß auf den Verschleißwiderstand für alle Gleitgeschwindigkeiten und besonders für die kritische Gleitgeschwindigkeit zu kennen. Es können und dürfen die Ergebnisse auf den Verschleißprüfmaschinen von Amsler, Mohr und Federhaff und Spindel nicht die gleichen sein, da die erste mit 10% Schlupf, die zweite mit nur 1% Schlupf und die letztgenannte mit den jeweils in Frage kommenden abwechselnd verschiedenen Gleitgeschwindigkeiten arbeitet. Aus Abb. 2 sieht man, wie der Abnutzungswiderstand verschiedener Schienenstähle, der mit einer Belastung von 96 kg ermittelt wurde, je nach den Gleitgeschwindigkeiten in verschiedener Reihenfolge gewertet werden kann und muß, wenn man den Verhältnissen im Betriebe Rechnung tragen will. Die Schienenstähle der in Abb. 3 dargestellten Schienen Nr. 12 und besonders Nr. 373 haben trotz einer Zerreißfestigkeit von 76 kg/mm<sup>2</sup> und 70 kg/mm<sup>2</sup> in den scharfen Bögen der Gebirgsstrecken x in kürzester Zeit einen ungewöhnlich hohen Verschleiß aufgewiesen, der sich besonders auch in der starken Verformung auf der ganzen Lauffläche der Schienen und an den Stößen mit darauffolgenden Ausbrüchen an diesen gezeigt hat (vergl. die Profilaufnahmen in Abb. 4 von Nr. 733/24, 734/24 und 735/24 der Schienen 373). Dementsprechend haben diese Schienenstähle auch auf der Spindel-Abnutzungsprüfmaschine bei den üblichen Gleitgeschwindigkeiten von 20 und 30 m/Minute die kleinsten Verschleißwiderstände ergeben, die je bei Schienenstählen in Österreich und im Reiche vorgefunden worden sind\*). In den Geraden, besonders außerhalb der Stöße, wo also zwischen Schiene und Radreifen kleinere Gleitgeschwindigkeiten vorkommen, zeigten jedoch diese Schienen kein merklich schlechteres Verhalten als andere normale Schienen. In Abb. 2 sieht man dementsprechend auch, daß diese beiden Schienenstähle (besonders die Schiene 12) bei kleinerer Gleitgeschwindigkeit, z. B. bei 6 m/Minute und darunter, wiederum ein besseres Verhalten zeigten, so daß bei dieser Gleitgeschwindigkeit die Schiene 12 bereits die ebenfalls in Abb. 3 dargestellten Schienen 22 und 24 an Verschleißwiderstand übertrifft. Die Schiene 22 ist eine Bessemerstahlschiene vom Arlberg mit bloß 46 bis 51 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit, welche beide sich in den scharfen Bögen der genannten Bahnen besser verhalten haben, als viele an deren Stelle später eingebaute basische Schienen mit über 65 kg/mm<sup>2</sup> bis 76 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit. Bei sehr kleinen Gleitgeschwindigkeiten ändert sich die Reihenfolge des Verschleißwiderstandes selbst gegen-

\*) Diese Schienen waren wegen der Mindestzerreißfestigkeit von 70 kg/mm<sup>2</sup> als verschleißfest (blau) gezeichnet und auf den stark beanspruchten Strecken der Arlbergbahn verlegt. Die schon nach kurzer Zeit aufgetretenen ungewöhnlichen Verschleißerscheinungen wurden auch vom Deutschen Ausschuss 21 (Prüfverfahren für Verschleißwiderstand) an Ort und Stelle besichtigt. Die aus dem Gleis entnommenen Schienen wurden außer bei uns und bei der Deutschen Reichsbahn auch noch von anderen Mitgliedern des Ausschusses 21 geprüft, welche durchwegs eine ganz außergewöhnlich geringe Verschleißfestigkeit auf der Spindelmaschine festgestellt haben, obzwar diese Schienen im übrigen allen Lieferbedingungen der Österreichischen Bundesbahnen und der Deutschen Reichsbahn vollkommen entsprochen haben.

über den Schienen 12 und 373, denn da tritt anscheinend schon die statische Festigkeit in den Vordergrund. Schiene 718 ist ebenfalls eine Bessemerstahlschiene mit 55 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit, die sich im Betriebe auf ebenen Strecken als besonders verschleißfest erwiesen hat und bei der Abnutzungsprüfung ihre Überlegenheit auch bei niederen Gleitgeschwindigkeiten beibehält. Schiene 443 ist eine Martinstahlschiene mit 1,4% Mangan und über 80 kg/mm<sup>2</sup> Zerreißfestigkeit, deren Verschleißfestigkeit gegenüber der vorgenannten Schienen je nach der Gleitgeschwindigkeit in verschiedener Reihenfolge gewertet werden muß.

Die Schienen 543 und 554 sind die bei den Österreichischen Bundesbahnen probeweise verlegten verschleißfesten Elektrostahlschienen besonderer chemischer Zusammensetzung mit 1,8% Mangan und über 90 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit\*); deren

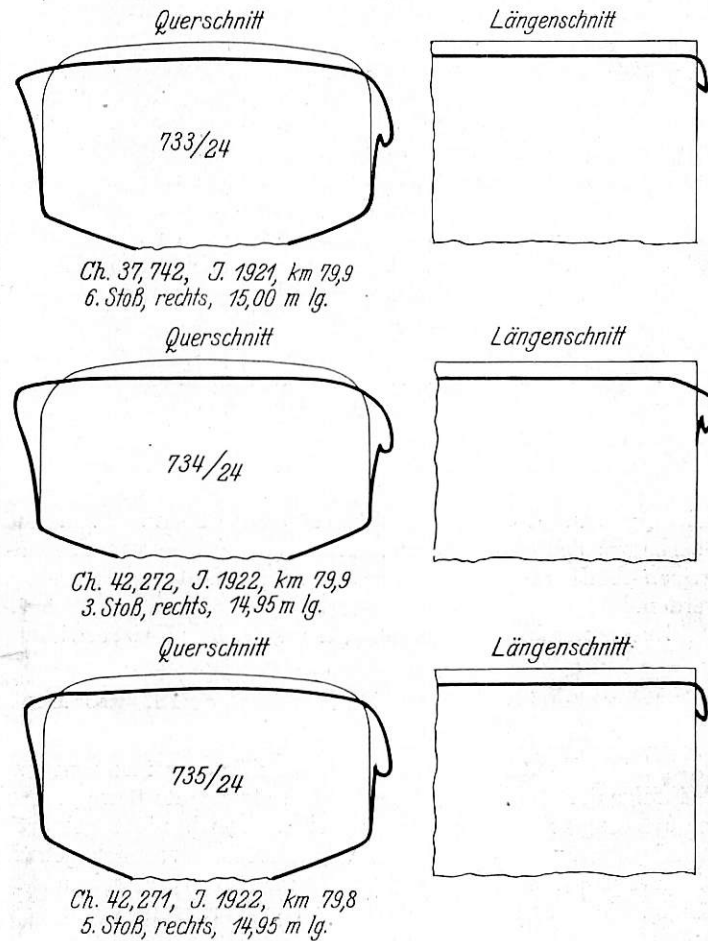


Abb. 4. Profile der Schiene Nr. 373 der Abb. 3.

überlegene Verschleißfestigkeit je nach der Gleitgeschwindigkeit sehr verschieden gewertet werden muß. Bei Gleitgeschwindigkeiten von 30, ja selbst 20 m/Minute ist die Überlegenheit dieses Schienenstahls noch sehr groß, aber schon unter 18 m/Minute Gleitgeschwindigkeit, die im Oberbau noch sehr stark in Betracht kommt, ist die Überlegenheit gegenüber Schiene 718 mit bloß 55 kg/mm<sup>2</sup> Zugfestigkeit kaum 80%. Das ganz eigenartige Verhalten der Manganhartstähle mit 12 bis 14% Mangan, deren besonders überlegene Verschleißfestigkeit bei hohen Gleitgeschwindigkeiten und starken Stößen verhältnismäßig sehr stark zurückgeht, ist in Abb. 2 nicht eingetragen, weil dafür ein anderer Maßstab nötig gewesen wäre.

Bei Schienen- und Radreifenstählen prüften wir den Verschleißwiderstand gewöhnlich bei Gleitgeschwindigkeiten

\*) Vergl. Dr. Ing. Pohl in Stahl und Eisen, Jahrg. 1930, Heft 45, und Dr. Ing. Walzel in Vortrag auf der 2. Schienen-tagung im Juni 1932 in Zürich.

von 20 oder 30 m/Minute, die ungefähr der Beanspruchung an den Seitenflächen der Schienen in den scharfen Bögen entsprechen, doch kann man ein für alle Beanspruchungs- und Verwendungsarten verlässliches und aufklärendes Ergebnis nur dann bekommen, wenn der Verlauf der Verschleißkurve nach Abb. 2 für verschiedene Gleitgeschwindigkeiten festgestellt wird, was bei der kurzen Versuchsdauer eines Verschleißversuches von längstens 10 oder 15 Minuten auf keinerlei Schwierigkeiten stößt.

Bezüglich der richtigen Ausführung der Verschleißversuche ist zu sagen: Durch viele tausende von Versuchen wurde bei uns festgestellt, daß bei gleich bleibenden Versuchsbedingungen unser Verschleißprüfverfahren die untersuchten Schienen- und Radreifenwerkstoffe stets in der gleichen Weise gewertet hat und auch die Streuung innerhalb jener Grenzen blieb, die bei Festigkeitsversuchen üblich sind. In einer sehr angesehenen Prüfanstalt wurde einmal in Gegenwart des Verfassers ein absolut gleichmäßiger Stahlwerkstoff geprüft, der dann auch jedesmal die genau gleichen Sehnenlängen, also die Streuung = 0 ergab. Bei allfällig gefundenen größeren Streuungen können diese, insofern gleichbleibenden Versuchsbedingungen und keinerlei Mängel in der Versuchsausführung vorliegen, nur in der Ungleichmäßigkeit des zu prüfenden Werkstoffes, besonders in den vielfach sehr großen Unterschieden zwischen Rand- und Kernschicht, gelegen sein. Solche Unterschiede sind aber nicht als Streuung, sondern nur als sehr erwünschte Empfindlichkeit des Prüfverfahrens zu werten. Die aus Abb. 3 ersichtlichen Verschleißdiagramme konnten bei uns ohne jede Behinderung der Verschleißversuche regelmäßig aufgenommen werden; sie sollten als Versuchskontrolle bei keiner Verschleißprüfung fehlen.

Über die richtige Wertung der Schienen-Verschleißversuche in der Praxis lassen sich keine allgemeinen Richtlinien geben, doch empfiehlt es sich, hierfür auch die Oberbaufachleute mit heranzuziehen, damit die verschiedenartigen Einflüsse des Betriebes richtig erfaßt und gewertet werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden: Es ist erwiesen,

daß durch kleinere Festigkeitserhöhungen im Bereiche von 65 bis 85 kg/mm<sup>2</sup> die höhere Festigkeit allein keine Gewähr für höheren Verschleißwiderstand gibt, wenn nicht gleichzeitig durch besondere chemische Zusammensetzung, besondere Reinheit und besondere Behandlung des Stahls die Voraussetzungen hierfür geschaffen und durch entsprechende Verschleißprüfungen auch regelmäßig nachgeprüft werden. Bei den verschleißfesten Schienen mit noch höherer Zugfestigkeit als 85 kg/mm<sup>2</sup> ist anzunehmen, daß die üblichen unlegierten und unvergüteten Stähle selbst bei vollkommen bestandenen Abnahmeprüfungen im Werke noch immer sehr bruchempfindlich sein würden. Für stark beanspruchte Strecken kommen daher vorerst wohl nur mittelharte Schienen mit entsprechend vergütetem oder gehärtetem Kopf in Frage. Wie weit diese Härtung gehen muß und darf, um einerseits die nötige Verschleißfestigkeit zu erlangen und andererseits die nötige Bruchsicherheit zu gewährleisten, können nur entsprechende Verschleißproben, entsprechende Schlagproben und entsprechende Kerbschlagproben zeigen, wobei ich noch der von Prof. M. Roß eingeführten, sehr einleuchtenden Querbiegeprobe am Schienenfuß gedenken möchte. Die in letzter Zeit wesentlich erhöhte Betriebsbeanspruchung und die damit in Zusammenhang stehenden stark erhöhten Schienenfestigkeiten, sowie die verschiedenen neuartigen Schienenherstellungsverfahren rechtfertigen das von verschiedenen Bahnverwaltungen gestellte Verlangen nach derart ergänzten Abnahmeprüfungen. Besonders im Hinblick auf die Verbundschienen und die verschiedenen Arten der Schienenschweißungen empfiehlt Verfasser auch eine von ihm zusammen mit der M.A.N. ausgearbeitete kombinierte Prüfung auf Dauerbiegefestigkeit und Verschleiß. Auch in Anbetracht dieser verschärften Prüfung dürften die mittelharten, im Kopf gehärteten Schienen einen wesentlichen Fortschritt hinsichtlich Bruchsicherheit und Verschleißwiderstand bringen.

Möge es den Schienenfachleuten gelingen, alle diese Erprobungen so weit zu klären, daß sie bald zur allgemeinen praktischen Anwendung gelangen können!

### Ist die Bettung elastisch?

Im Organ 1930, Heft 14 „Ist die Bettung elastisch?“ spricht Dr. Faatz der Bettung Elastizität nur insofern zu, als infolge der Hohlräume nicht geklärte kreisende Bewegungen der Bettungsteilchen und damit ebenso noch nicht geklärte ständige Veränderungen der Einzelhohlräume vor sich gehen. Die Elastizität sei vom Stoff der Bettung so gut wie unabhängig, vielmehr lediglich abhängig von Korngröße und Hohlraummaß.

Die Ausführungen von Dr. Faatz haben in einem Lande, in dem noch nicht so wie bei uns die überragende Eigenschaft des Schotters sich durchgesetzt hat, in dem noch für die Einführung des Schotters heftig gekämpft wird und daher die Bettungsfrage zur Zeit eine große Rolle spielt, in Sowjetrußland, die dortigen Fachingenieure auf den Plan gerufen.

Ing. B. N. Sergjееw hat in Scheljesnodoroschnoje Djelo 1931, Heft 3, eine, wie mir scheint, stichhaltige Stellung genommen.

Daß in der Bettung neben elastischen Formänderungen auch bleibende Veränderungen ständig vor sich gehen, ist bekannt. Diese bleibenden Veränderungen sind verhältnismäßig ganz geringfügig. Sie müssen geringfügig sein, denn, wenn sie das nicht wären, so würden sie als wesentliche Träger der Abnutzung beweisen, daß der betreffende Bettungsstoff seiner Aufgabe nicht gewachsen ist, m. a. W. nichts taugt. Sie können unmöglich als Träger der immer wiederkehrenden elastischen Veränderung, die unter jedem Zug in greifbaren

Ausmaßen (1,6 bis 2,4 mm ~ 2 mm) zu beobachten ist, angesprochen werden.

Dr. Faatz geht in seinen Ausführungen von gleichmäßiger Druckverteilung auf die ganze Fläche aus und glaubt schon besonders hoch gegriffen zu haben, wenn er sie mit 4 kg/cm<sup>2</sup> ansetzt. Diese Annahme ist irreführend. Um die Verhältnisse zu klären, stelle man sich mit Sergjееw die Bettung zunächst einmal als eine Häufung gleichmäßig kugelförmiger Teilchen vor (Abb. 1). Die Übertragung der Druckkräfte erfolgt nicht nach der ganzen Fläche, sondern von einer Kugel auf die andere in ganz kleinen, runden Flächen vom Halbmesser *a*. Dieser Halbmesser *a* ist nach der Formel von Hertz

$$a = \sqrt[3]{0,68 \frac{Pr}{E}},$$

worin *P* in kg der Mitteldruck einer Kugel auf die andere, *r* in cm der Kugelhalbmesser, *E* in kg/cm<sup>2</sup> der Elastizitätsmodul des Bettungsstoffes.

Die Übertragungsflächen werden damit sehr klein, die örtlichen Spannungen und die durch sie veranlaßten elastischen Formänderungen sehr groß, viel größer als die von Dr. Faatz angenommenen 4 kg/cm<sup>2</sup>.

Nach einer anderen Formel von Hertz ist die Annäherung der Mittelpunkte zweier gleicher Kugeln unter dem Druck *P*

$$y = \sqrt[3]{3,68 \frac{P^2}{E^2 r}}.$$



Bei der Kleinheit der Formänderungen kann man annehmen, daß der Druck der Bettungsschicht in lotrechter Richtung verhältnismäßig ist der Verkürzung des Abstandes zwischen den Mittelpunkten der kugelförmigen Teilchen

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{y}{2r}$$

Hieraus wird

$$\Delta h = \frac{h y}{2r} = \frac{h}{2r} \sqrt[3]{\frac{3,68 P^2}{E^2 r}} = \frac{h}{2} \sqrt[3]{\frac{3,68 P^2}{E^2 r^4}}$$

Aus dieser Formel ist leicht zu erkennen, daß bei Vergrößerung der Teilchen (d. i. r) um das n-fache und bei entsprechender Vergrößerung des Druckes P um das n<sup>2</sup>-fache die Größe Δh sich nicht ändert. Die elastische Zusammendrückung der Bettung hängt also nicht von den Ausmaßen der Teilchen, sondern nur von ihrem Stoff und ihrer Form ab. Damit erklärt sich auch der geringe Unterschied der Eindrückungen in Schotter- und Sandbettung, solange beide Bettungsarten einwandfrei, nicht verschmutzt und trocken sind.

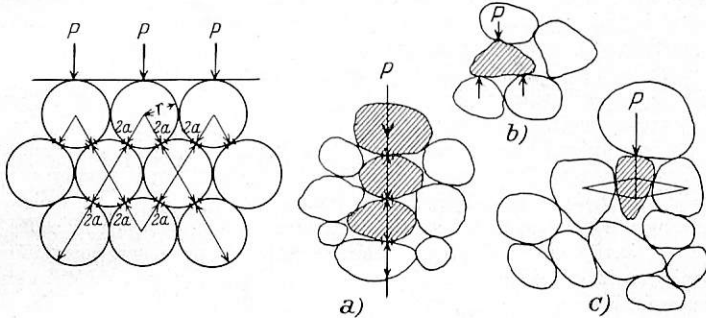


Abb. 1.

Abb. 2.

Um eine faßliche Vorstellung von Zahlenwerten zu geben, rechnet Sergjееw zwei Beispiele:

1. Bettung aus feinem Quarzsand.  $E = 80000 \text{ kg/cm}^2$ , Kugeln  $r = 0,1 \text{ mm}$ , Belastung auf  $1 \text{ cm}^2$  der Oberfläche  $2 \text{ kg/cm}^2$ . Auf  $1 \text{ cm}^2$  der Fläche treffen 2885 Kugeln.

Der lotrechte Druck auf jede Kugel  $\frac{2}{2885} = 0,000693 \text{ kg}$ .

Jede Kugel überträgt ihren Druck auf die darunterliegende Schicht in drei Stützpunkten bei einer Druckrichtung von 30° zur Lotrechten. Also

$$P = \frac{0,000693}{3 \cdot \cos 30^\circ} = 0,000267 \text{ kg}$$

Die elastische Zusammendrückung der Bettungsschicht von 40 cm ist

$$\Delta h = \frac{h}{2r} \sqrt[3]{\frac{3,68 P^2}{E^2 r}} = \frac{40}{2 \cdot 0,01} \sqrt[3]{\frac{3,68 \cdot 0,000267^2}{80000^2 \cdot 0,01}} = 0,069 \text{ cm} = \sim 0,7 \text{ mm}$$

2. Granitschotterbettung.  $E = 235000 \text{ kg/cm}^2$ ,  $r = 2 \text{ cm}$ , Belastung auf  $1 \text{ cm}^2$  wieder  $2 \text{ kg/cm}^2$ . Auf  $1 \text{ qm}$  treffen 723 Kugeln, auf  $1 \text{ cm}^2$  0,0723. Der lotrechte Druck auf jedes

Teilchen ist  $\frac{2}{0,00723} = 27,7 \text{ kg}$ .

$$P = \frac{27,7}{3 \cos 30} = 10,67 \text{ kg}$$

$$\Delta h = \frac{40}{2 \cdot 2} \sqrt[3]{\frac{3,68 \cdot 10,67^2}{1103000^2 \cdot 2}} \text{ cm} = \sqrt[3]{\frac{1000 \cdot 3,68 \cdot 113,8}{2 \cdot 1216609 \cdot 106}} = \sqrt[3]{\frac{429384}{2499218 \cdot 10^6}} = \frac{1}{100} \sqrt[3]{\frac{419384}{2433218}} = \frac{1}{100} \sqrt[3]{0,172} = \frac{1}{100} \cdot 0,556 = 0,00556 \text{ cm} = 0,06 \text{ mm}$$

statt 1,6 mm; das sind kaum 4%. Es beträgt also auch nach dem hier günstigsten Rechnungsverfahren der Druckelastizitätsanteil kaum 4%. Ob die restigen 96% zu Lasten der

Die elastische Zusammendrückung der 40 cm hohen Bettungsschicht ist

$$\Delta h = \frac{h}{2r} \sqrt[3]{\frac{3,68 P^2}{E^2 r}} = \frac{40}{2 \cdot 2} \sqrt[3]{\frac{3,68 \cdot 10,67^2}{235000^2 \cdot 2}} = \sim 0,2 \text{ mm}$$

Die Ergebnisse dieser rein theoretischen, auf Annahmen beruhenden Berechnung gehen also ihrer Größe nach noch nicht an die tatsächlich beobachteten  $\sim 2 \text{ mm}$  heran, kommen ihnen aber doch wesentlich näher als die 0,0015 mm bei Dr. Faatz.

Wo ist der Rest der elastischen Zusammendrückung zu suchen? Einen guten Teil macht offenbar die elastische Zusammenpressung des Untergrundes und unter Umständen der Schwelle selbst aus. Weiter aber hat man es nicht mit regelmäßigen Kugeln, sondern mit Körpern ganz ungleicher Form und willkürlicher Lagerung zu tun. Neben Lagerungen reiner Druckübertragung (Abb. 2a) kommen solche auf reine Biegung (Abb. 2b) oder auf Keilwirkung (Abb. 2c) vor. Sie sind verbunden mit wesentlichen elastischen Formänderungen und Verschiebungen. Sie sind geeignet, den Ergebnissen der obigen theoretischen Berechnungen recht wesentliche Zuschläge zu verschaffen. Auf diese Weise kommen tatsächlich um 2 mm sich bewegende, elastische Eindrückungen zustande. Sergjееw kommt damit zu dem völlig bejahenden Schluß, daß die Bettung im eigentlichen Sinne elastisch sei. Die Elastizität der Bettung hängt nicht von den Ausmaßen der Teilchen, sondern nur von ihrer Form und Lagerung, aber auch vom Elastizitätsmodul des Stoffes ab.

Wenn freilich die Bettung verschmutzt ist und die Hohlräume sich füllen, dann ändert sich die Kraftübertragung und die Elastizität der Bettungsschicht nimmt ab. Bei Sand liegt diese Veränderung näher. Er ist auch viel mehr wie Schotter geeignet, Wasser aufzunehmen, das dann bei Frost gefriert und die elastischen Eigenschaften der Bettung aufhebt.

Dr. Saller.

Es ist erfreulich, daß mein Aufsatz „Ist die Bettung elastisch?“ Beachtung und Anregung gefunden hat. Meine Annahme einer Belastung von  $4 \text{ kg/cm}^2$  entspricht einer Lastübertragung von Fläche zu Fläche. Diese Lastübertragung ist in der Bettung wohl nie gegeben, sondern stellt nur den einen Grenzbelastungsfall dar. Der andere Grenzbelastungsfall ist die Übertragung von Punkt zu Punkt bzw. in kleinsten Lastflächen, wie in vorstehender Abhandlung geschildert. Die Wahrheit dürfte wohl in der Mitte liegen.

Bei einer Versuchsmessung habe ich eine Zusammenpressung der Bettung von 1,0 mm gefunden (s. Organ 1931, Heft 9, Seite 220), bei einer Basaltschotterhöhe von 25 cm. Bei 40 cm Bettungshöhe würde dies einer Zusammenpressung von 1,6 mm entsprechen.

Nach der angegebenen Berechnungsweise ergibt sich für den zweiten Fall

$$\Delta h = \frac{h}{2r} \sqrt[3]{\frac{3,68 P^2}{E^2 r}}$$

für  $r = 2 \text{ cm}$ , da dieser Belastungsfall in bezug auf Korngröße mehr der Wirklichkeit entspricht und für  $E = 1103000 \text{ kg/cm}^2$  (Basalt)

Keilwirkungen und Biegungselastizität gehen, dürfte fraglich sein.

Meines Erachtens werden daher theoretische Erörterungen

diese Frage allein nicht klären können. Am zweckmäßigsten wäre es wohl durch Versuche die Einzelanteile der Bettungs-  
elastizität zu bestimmen.

Man könnte z. B. in einem allseits fest umschlossenen, nur nach oben offenem Gefäße verschiedene Bettungsstoffe mit verschiedener Elastizität, Hohlraum- und Korngröße unter Druck setzen und ihre jeweilige elastische Zusammenpressung

bestimmen und zwar einmal im Ruhezustande und das andere Mal im Zustande der Erschütterung, ähnlich dem Belastungs-  
zustande der Bettung unter bewegten Lasten.

Wenn es gelingt diese Versuche erfolgreich durchzuführen, dann bestände Aussicht die Frage der Elastizität der Bettung einwandfrei zu klären.

Dr. Faatz.

## Rundschau.

### Allgemeines.

#### Die wichtigsten Eisenbahnverbindungen der Erde und ihre Geschwindigkeiten.

Darüber berichtet in Heft 5 der Revue Générale vom Mai 1932 M. Léon Pondeveaux, stellvertretender Direktor im französischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten. In der Abhandlung sind dargestellt: 1. die wichtigsten Eisenbahnverbindungen der Erde mit Angabe der im regelmäßigen Dienst erreichten Reisegeschwindigkeiten und 2. die schnellsten regelmäßigen Läufe der besten Züge in den einzelnen Ländern.

Zu 1. In nachstehender Tabelle sind die wichtigsten und interessantesten Verbindungen zusammengefaßt:

Strecke	Ent- fernung km	Fahrzeit		Reisege- schwindig- keit km/Std.
		Std.	Min.	
<b>Europa</b>				
London—Edinburg, L.—Glasgow .	642,4 u. 647,5	7	55	81,2 <sup>1)</sup>
London—Liverpool . . . . .	311,7	3	35	86,9
London—Swindon . . . . .	124	1	07	111,4
London—Plymouth . . . . .	363,2	4	00	90,8
Berlin—Hamburg . . . . .	268,8	2	59	96,1 <sup>2)</sup>
Berlin—München . . . . .	674,2	8	52	76,0
Berlin—Köln . . . . .	588	7	23	79,6
Basel—Mailand über Gotthard . .	406	6	15	64,9
Rom—Neapel . . . . .	210	2	30	84,0
Mailand—Venedig . . . . .	265	3	05	85,9
Paris—Le Havre . . . . .	227,9	2	40	85,4
Paris—Straßburg . . . . .	502,4	5	35	90,0
Paris—Boulogne . . . . .	253,6	2	40	95,1
Paris—Quévy-front . . . . .	233	2	24	97,1
London—Paris üb. Calais—Doover	464	6	40	69,6 <sup>3)</sup>
London—Berlin über Harwich—Hook v. H. . . .	987	20	16	48,7 <sup>4)</sup>
Paris—Madrid . . . . .	1455	22	00	66,1
Paris—Berlin . . . . .	1056	15	26	68,4
Paris—Wien . . . . .	1384	20	30	67,5
Berlin—Rom über den Brenner . .	1666	30	00	55,3
Berlin—Rom über Basel, Gotthard	1963	28	32	68,8
Ostende—Wien . . . . .	1324	20	28	64,6
<b>Asien</b>				
Moskau—Wladiwostok . . . . .	8436	200	35	42,5
Haidar-Pascha—Angora . . . . .	577	15	36	37,0
Haifa—Kairo . . . . .	488	14	30	32,9
Tokio—Yokohama—Osaka . . . .	568,1	8	20	68,2
<b>Amerika</b>				
Montréal—Vancouver . . . . .	4718,8	96	05	49,0
Montréal—Toronto . . . . .	537,4	6	00	89,6
New York—Philadelphia . . . . .	138,1	1	40	82,8
New York—Washington . . . . .	355,7	4	25	80,5
New York—Chicago . . . . .	1577,2	18	00	87,5
New York—St. Louis . . . . .	1861,5	23	00	80,9

<sup>1)</sup> Ohne Lokwechsel. — <sup>2)</sup> Schnelltriebwagen. — <sup>3)</sup> 43 km Seeweg. — <sup>4)</sup> 213 km Seeweg.

Der Verfasser kommt zu der Feststellung, daß die hervor-  
ragendsten Eisenbahnverbindungen im nordwestlichen Europa,  
und zwar in dem dreieckigen Raum London—Paris—Berlin zu  
finden sind. In England gibt zur Steigerung der Reisegeschwin-  
digkeit vor allem die Konkurrenz, die sich die verschiedenen  
Gesellschaften auf parallelen Linien machen, Veranlassung. Zur  
Erzielung hoher Reisegeschwindigkeiten werden lange Strecken  
ohne Halt durchfahren. Die London and North-Eastern Railway  
löst hierbei das Lokpersonal durch einen Gang im Tender ab.  
Der Wasservorrat wird während der Fahrt aus einem zwischen  
den Schienen liegenden Becken ergänzt. In Deutschland werden  
die Reisegeschwindigkeiten durch die gesetzliche Begrenzung der  
Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h ungünstig beeinflusst. Vor-  
erst ist nur auf der Strecke Berlin—Hamburg für den Schnell-  
triebwagen eine Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h zugelassen.  
In der Schweiz und Italien ist durch die Einführung des elek-  
trischen Betriebes auf den Gebirgsstrecken eine wesentliche Be-  
schleunigung erzielt worden. Italien ferner hat durch den Bau neuer  
Linien mit günstigeren Neigungs- und Krümmungsverhältnissen  
bessere Reisegeschwindigkeiten erzielt (Rom—Neapel, „Diret-  
tissima“ Florenz—Bologna). In Frankreich werden hohe  
Reisegeschwindigkeiten erreicht durch lange Läufe ohne Halt  
und durch Ausnutzung der gesetzlich zulässigen Höchstgeschwin-  
digkeit von 120 km/h. Die langen Lokomotivläufe werden er-  
möglicht durch Wasserfassen während der Fahrt (Staatsbahn),  
elektrischen Betrieb (P. O.) oder durch Tender mit großem  
Fassungsvermögen (35 m<sup>3</sup> Wasser, 9 t Kohle, Nord- und Ostbahn).  
In den Vereinigten Staaten sind die Reisegeschwindigkeiten  
auf den großen Überlandlinien bedeutend besser als in Kanada  
wegen der geringeren Zahl der Halte. Gegenüber den großen  
europäischen Durchgangslinien werden die Reisegeschwindigkeiten  
durch den Wegfall der Zollgrenzen günstig beeinflusst.

Zu 2. In innerem Zusammenhang damit finden sich in den  
Ländern, die bei langen Läufen gute Reisegeschwindigkeiten er-  
reichen, auch die größten Geschwindigkeiten zwischen zwei Halten.  
Eine Ausnahme macht hier Deutschland, wo durch die Begrenzung  
der Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h große Reisegeschwindig-  
keiten nur schwer zu erreichen sind. Das Ergebnis der Unter-  
suchung ist in nachstehender Übersicht zusammengefaßt.

Bahnnetz	Läufe über					
	90 km/Std.		95 km/Std.		100 km/Std.	
	Zahl	Länge km	Zahl	Länge km	Zahl	Länge km
Kanada . . . . .	18	1938,4	9	1125,4	4	607,6
Vereinigte Staaten . . . . .	173	12234,7	70	3619,4	7	417,1
Belgien . . . . .	1	58,0	—	—	—	—
Deutschland . . . . .	2	96,0	1	268,8	—	—
England . . . . .	109	12874,0	18	2052,1	1	124,4
Frankreich . . . . .	125	18208,2	124	11807,3	13	1302,2

Bis vor kurzem fuhr die Canadian Pacific-Railway auf der  
fast 200 km langen Strecke Montreal—Smith's Falls den schnellsten  
Zug der Erde mit 110,8 km/h Reisegeschwindigkeit. Seit Herbst  
1931 wird der schnellste Zug der Erde in England von der Great  
Western Railway auf der 124,4 km langen Strecke Swindon—  
London gefahren. Der Zug, der den Namen „Cheltenham-Flyer“  
führt, legt die Strecke planmäßig in 1 Std. 7 Min. mit einer  
Reisegeschwindigkeit von 111,4 km/h zurück. Die kürzeste Fahr-

zeit dieses Zuges war bisher 59 Min. 36 Sek., was einer Reisegeschwindigkeit von 125,3 km/h entspricht. Die Höchstgeschwindigkeit betrug hierbei 143 km/h. Beachtenswert ist, daß die amerikanischen Züge im allgemeinen 600 bis 900 t, die schnellsten englischen Züge 250 bis 350 t, und die schnellsten französischen Züge 300 bis 600 t wiegen. Lettau.

**Die Umstellung auf elektrischen Zugbetrieb in der Welt.**

Die Zeitschrift Railway Gazette, London, bringt in ihrem Heft vom August 1932 eine ausführliche Zusammenstellung aller vom Dampfbetrieb auf elektrische Zuförderung umgestellten Bahnen der Erde, und zwar nur der umgestellten, nicht auch der schon von Anfang an elektrisch betriebenen. Die Tafel ist einer Veröffentlichung der National Electric Light Association, New-York, vom November 1931 entnommen und in Einzelheiten verbessert worden. In der nachfolgenden Übersicht ist daraus das Wesentliche nach Haupt Gesichtspunkten zusammengezogen, nämlich die Anteile der europäischen Staaten und der außereuropäischen Gebiete, ihrer umgestellten Gleis-, nicht Streckenlänge nach geordnet und nach den derzeitigen Hauptbetriebsarten unterteilt.

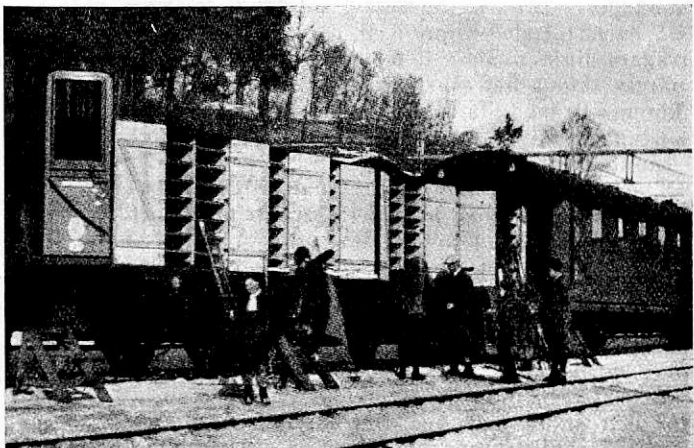
Land, Erdteil, Kulturkreis	Elektrisch betr. Gleislängen einschl. Bahnhöfe km					Gleislängen n. Betr. art %		
	Insgesamt	Gleichstrom bis mit 1500 V	Gleichstrom über 1500 V	Einphasen- netz 15—50 Hertz	Drehstrom 16 <sup>2</sup> / <sub>3</sub> —45 Hertz	Gleichstrom bis mit 1500 V	Einphase Glst. üb. 1500 V	Drehstrom
Schweiz . . . . .	4710	134	—	4502	74	3	—	95 2
Deutschland . . . . .	3820	613	—	3207	—	16	—	84 —
Frankreich . . . . .	3600	3600	—	—	—	100	—	— —
Italien . . . . .	3570	346	343	55	2826	10	10	1 79
Großbritannien . . . . .	2250	2219	—	31	—	99	—	1 —
Schweden-Norwegen	2080	—	—	2080	—	—	—	100 —
Österreich . . . . .	1490	60	—	1430	—	4	—	96 —
Spanien . . . . .	1050	648	378	—	24	62	36	— 2
Holland . . . . .	350	350	—	—	—	100	—	— —
Ungarn . . . . .	170	—	—	170	—	—	—	100 —
Tschechoslovakei . . . . .	90	90	—	—	—	100	—	— —
Europa zus. . . . .	23180	8060	721	11475	2924	35	3	49 13
Ver. Staat. u. Kanada	8100	2835	2115	3150	—	35	26	39 —
Asien u. Rußland . . . . .	2610	2535	75	—	—	97	3	— —
Südamer. u. Mexiko	2030	1010	1020	—	—	50	50	— —
Australien-Neuseel. . . . .	1170	1170	—	—	—	100	—	— —
Afrika . . . . .	1130	110	1020	—	—	10	90	— —
Ganze Welt zus. . . . .	38220	15720	4951	14625	2924	41	13	38 8

Die Übersicht zeigt zunächst, daß der Gleichstrom zur Zeit die Elektrifizierung der Bahnen mit 54% Weltanteil beherrscht, wobei die Vorliebe für Hochspannungen über 1500 Volt sich deutlich auf außereuropäische Gebiete beschränkt. Einphasenbetriebe dagegen zeigen nur die Mutterländer der Technik, Europa und Nordamerika; mit dem Drehstrom steht Italien allein in der Welt. Innerhalb Europas ballen sich die Einphasenbahnen ausschlaggebend in Mittel- und Nordeuropa zusammen, während Frankreich und England (nach anfänglichen Versuchen der Paris-Midi-Bahn mit 12000 Volt Einphasenstrom 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hertz im Jahre 1910 und in Südengland mit 6600 Volt im Jahr 1909) heute geschlossen Gleichstrom verwenden. Den verhältnismäßig hohen Gleichstromanteil in Deutschland trägt übrigens bis auf zwei kleine Ausnahmen in Bayern und Sachsen allein die Berliner Stadtbahn, ähnlich wie in Österreich, wenn auch in geringerem Maß die Wiener. In Asien haben nur Japan und Britisch-Indien in nennenswertem Umfang umgestellt, in Afrika Marokko und die Südafrikanische Union. Interessant ist die fast gleichmäßige Verteilung der drei üblichsten elektrischen Betriebsarten in Nordamerika, für die sich auch aus der ursprünglichen Tafel

nur undeutliche Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen. Seit den ersten Umstellungen im Jahr 1895, Baltimore und New-Haven, werden dort bis in die neueste Zeit alle drei Systeme gebaut, doch bevorzugt die Zeit nach etwa 1920 den Einphasenstrom von 11000 Volt 25 Hertz oder 3000 Volt Gleichstrom. Stromabnahme durch die dritte Schiene, in den Anfangszeiten um 1905 naturgemäß häufiger, hat sich bis heute nicht überall von der durch Oberleitung verdrängen lassen, wie Berlin und Südengland zeigen und namhafte Bahnen in Frankreich und Südamerika, die sogar gemischtes System (Stromschiene auf freier Strecke und Fahrdrat in Bahnhöfen und Knotenpunkten) anwenden. Eigene Stromrückleitung mit vierter Schiene findet sich nur in England und auch dort nur bei Gleichstrom unter 700 Volt. Das bunteste Bild hinsichtlich der Stromsysteme bietet Italien. Außer mit dem vorherrschenden Drehstrom von 3700 Volt 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hertz laufen Bahnen mit 650, 800, 3000 und 4000 Volt Gleichstrom, sowie seit 1929 mit Drehstrom 10000 Volt 45 Hertz (Landesversorgung) und seit 1930 eine mit Einphasenstrom 15000 Volt 16<sup>2</sup>/<sub>3</sub> Hertz. Die für die Umstellungen in aller Welt jeweils angeführten Gründe sind die bekannten: Tunnels und schwere Steilrampen, Mangel an eigenen Kohlenschätzen bei freier Wasserkraft, Ersparnismöglichkeiten und Annehmlichkeit des Betriebs. Für Amerika fällt auf der häufige Hinweis auf gesetzliche Vorschriften (Rauchplage in Städten). Der unmittelbare Wettbewerbsgedanke ist nur selten genannt, einmal im Liverpool-Manchester-Gebiet (dort schon 1904 bis 1916), und dann noch bei der Mailänder Nordbahn, die ja bekanntlich einen förmlichen Frachtenkrieg aufgezogen hat. Und für das Italien der Nachkriegszeit ist auch hier kennzeichnend: Nationale Politik. Sch—l.

**Skibeförderung auf nordischen Bahnen.**

Aus Skandinavien, dem Heimatland des Skisports, bringt die Nordisk Järnbanetidskrift bemerkenswerte Nachrichten über die dortige Skibeförderung, der ja bei der massenweisen Mitführung eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden muß. Die norwegischen Staatsbahnen stellen hierfür besonders eingerichtete Wagen in den Zug. — Sie sind aus offenen Güterwagen



in der Weise hergerichtet, daß über den Seitenwänden ein auf Pfosten ruhendes Dach aufgesetzt ist. Im Innern sind beiderseits eines Mittelganges auf jeder Seite durch Querwände vier Abteilungen gebildet, in deren jede 25 Skipaare eingestellt werden können. Der Zugang erfolgt an einem Wagenende durch herablaßbare Treppen, der Abgang am anderen Ende; Einstellen und Entnehmen ist Sache der Eigentümer. Die Verschläge sind durch Stationsnamen gekennzeichnet. Für die Einstellung oder Entnahme rechnet man etwa für je 70 Ski 1 Minute. Jede Behandlung durch die Bahn entfällt, ebenso jede Haftung. Eine Gebühr wird nicht erhoben.

Bei der schwedischen Bahn Göteborg—Borås werden die Ski in besonderen Fächern an den Längsseiten der Personenzüge außen untergebracht. Bei einer anderen Bahn Göteborg—Alingsås hingegen hat man wie in Norwegen besondere Wagen eingestellt, jedoch nicht mit Mittelgang, da man Gedränge befürchtete und das Ziel erreicht werden sollte, daß möglichst viel

Reisende gleichzeitig ihre Ski versorgen sollten. Man hat daher Plattformwagen von 10 m Länge verwendet und die Gestelle so eingerichtet, daß sie längs der ganzen Seitenwand zugänglich sind. Dabei gibt es wiederum zwei Ausführungsarten. Bei der einen sind große Einzelfächer gebildet, in die die Ski von außen quer zum Wagen eingeschoben werden, und die mittels Tür verschlossen werden. Bei der anderen Bauart werden die Ski stehend aufbewahrt. Hierzu trägt der Wagen ein Gerüst mit gitterförmigem oberem Rahmen, in das die Ski wie in einen Schirmständer eingestellt werden.

Dr. S.

**Schnellfahrversuche der Paris-Orleans-Bahn.**

Am 19. Januar und 12. März 1932 wurden zwischen Bahnhof Paris-Austerlitz und Redon mit einem Sonderzug Schnellfahrversuche gemacht. Die Abfahrt auf dem Bahnhof Paris-Austerlitz fand um 7<sup>12</sup> statt, die Ankunft in Redon um 12<sup>33</sup>. Der Sonderzug durchfuhr die 507 km lange Strecke zwischen den beiden Bahnhöfen in 5 Std. und 21 Min. Die dabei erreichte mittlere Reisegeschwindigkeit betrug 97,6 km/Std., trotz vier Aufhalten (Aubrais, St.-Pierre-des-Corps, Angers und Nantes) und 15 Langsamfahrstellen mit einem Fahrzeitverlust von 50 Min.

Der Sonderzug war aus neun Drehgestell- und zwei Meßwagen gebildet. Sein Gewicht betrug 475 t. Zwischen Paris-Austerlitz und Les Aubrais (119 km) war der Zug mit einer elektrischen, auf der Reststrecke (388 km) mit der Dampflokomotive Nr. 3701 bespannt.

Bei dem Zug, der am 19. Januar gefahren wurde, erreichte die Leistung gemessen am Zughaken 1800 bis 1900 PS während der Anfahrbeschleunigung, und 1470 PS bei voller Fahrt. Zwischen den Bahnhöfen St.-Pierre-des-Corps und Angers wurde eine höchste durchschnittliche Reisegeschwindigkeit von 119,9 km/Std. erreicht.

Bei dem Versuch am 12. März mußte ein Wagen, infolge eines Unfalles auf dem Bahnhof Aubrais ausgesetzt werden, wodurch der Sonderzug eine Verspätung von 17<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Min. erhielt. Sein Zuggewicht wurde dadurch auf 435 t herabgemindert. Durch das geringere Zuggewicht erreichte der Zug zwischen Aubrais und Redon eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 126 km/Std. Die Verspätung betrug in Nantes nur mehr 6 Min. 20 Sek., während der Zug in Redon um 1 Min. 25 Sek. früher eintraf. Die mittlere Leistung gemessen am Zughaken war 1497 PS. Zwischen Angers und Nantes wurden auf einer Strecke von 36,350 km 130 km/Std. gefahren.

Der Wasser- und Kohlenverbrauch war folgender:

Wasserverbrauch		19. Jan.	12. März
auf die Nutz-PS-Std.		9,15 l	9,97 l
auf die indizierte PS-Std.		5,56 l	5,68 l
Kohlenverbrauch			
auf die Nutz-PS-Std.		1,24 kg	1,385 kg
auf die indizierte PS-Std.		0,752 kg	0,780 kg

(Rev. gén. chem. de fer, Juni 1932.) Scherer.

**Bahnunterbau, Brücken und Tunnel ; Bahnoberbau.**

**Neuzeitliche Stoßverbindungen.**

Die letzten Jahre haben erneute Versuche in der Verbesserung der Schienenverbindungen gezeitigt, die wohl zum größten Teil durch die Bemühungen, die Gleisunterhaltung (angesichts der zunehmenden Achslasten) wirtschaftlicher zu gestalten,

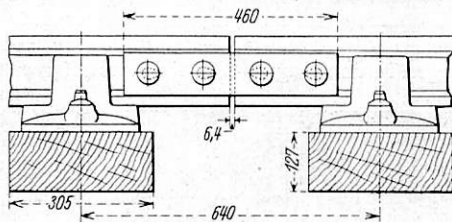


Abb. 1. Der Britische Einheitsstoß.

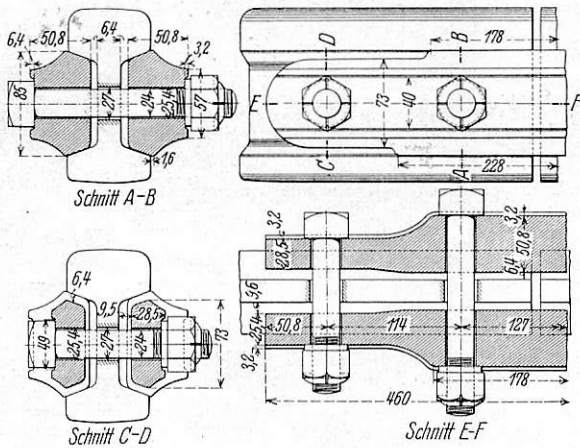


Abb. 2. Englische Joyce-Lasche.

veranlaßt wurde. Allgemein kann man feststellen, daß der schwebende Stoß dem festen Stoß nun Platz macht, ein Verfahren, das auch in England eine Zeitlang Anklang fand, in der Folge aber verlassen wurde. Ferner zeigt sich überall das Bestreben, die Laschen wesentlich kürzer zu halten. Wenn man früher Laschen mit sechs Bolzen als das allein richtige ansah, so ist man jetzt zur Überzeugung gekommen, daß die Lasche nur Widerstand gegen Abscheren leisten muß und weniger gegen Biegung. Hieraus sind sogar Laschen mit nur zwei Bolzen entstanden.

Der Britische Einheitsstoß ist im Verfolg jahrelanger Übung einfacher schwebender Stoß geblieben. Er ist billig und hat keine Besonderheiten. Er ist beträchtlich schwächer in Scher- und Biegefestigkeit, als die Schiene. Zum Ausgleich hierfür werden die Schwellen in der Nähe des Stoßes etwas dichter verlegt, außerdem werden am Stoß teilweise auch breitere Schwellen mit besonderen, unten verbreiterten Stühlen verlegt (Abb. 1).

Eine neue Bauart stellt die Joyce-Lasche dar, die in der Mitte einen wesentlich stärkeren Querschnitt hat, als an den Enden, deren wirksame Länge aber wesentlich kürzer ist als die der Britischen Einheitslasche. Ihre Berührungsfläche ist oben nur 18 cm, unten 23 cm lang, gegenüber 46 cm der Einheitslasche. Die äußeren Laschenholzen sind nur aus Sicherheitsgründen für den Fall des Bruches der inneren Bolzen vorgesehen und werden im Regelfalle nicht beansprucht (Abb. 2).

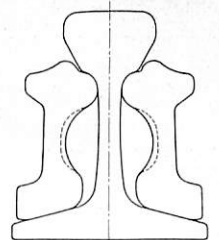


Abb. 3. Amerikanische Freikopflasche.

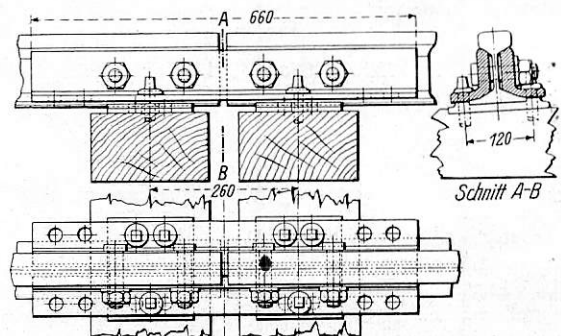


Abb. 4. Der französische Einheitsstoß.

Eine weitere neue Stoßverbindung ist die „Freikopflasche“, die auf mehr als 30 amerikanischen Bahnen Verwendung findet. Auf Strecken mit besonders starken Achslasten dient sie zur Verbindung der starken 64 kg/m-Schienen. Bemerkenswert an ihr ist, daß sie nicht in der üblichen Laschenkammer liegt, sondern daß sie sich nur an den Steg und den Fuß der Schiene anlegt (Abb. 3).

Der französische Einheitsstoß ist in Abb. 4 dargestellt. Er unterscheidet sich vom Reichsbahnoberbau dadurch, daß die

Stoßschwellen nicht gekuppelt sind, sondern in 26 cm Achs-  
abstand bei 21 . 12 cm Schwellenquerschnitt verlegt sind. Laschen-  
länge 67 cm.

Die Französische Nordbahn bevorzugt eine Sonderbauart  
(Abb. 5), bei der die äußere Lasche U-förmig ausgebildet ist und  
ein Hartholzfutter umschließt, das zur Befestigung einer Winkel-  
stoßbrücke mittels der Laschenbolzen dient.

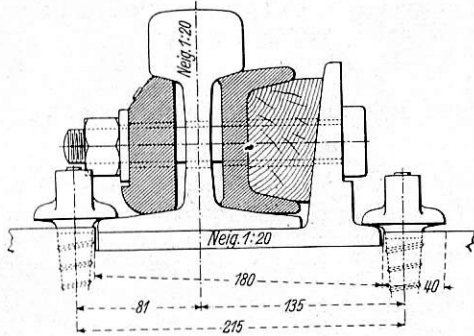


Abb. 5. Stoßverbindung der Französischen Nordbahn.

Schließlich sei noch eine neue Bauart der Französischen  
Südbahn erwähnt, die kurze dachförmige Lasche, die auf Grund  
eingehender Versuche von Coullié und Cadis entwickelt wurde  
(Abb. 6). Diese Lasche ist 22 cm lang und hat zwei Bohrungen  
im Abstand von 15 cm. In unbelastetem Zustand ist der Stoß

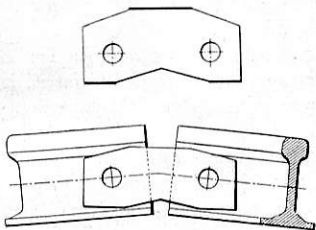


Abb. 6. Lasche der Französischen  
Südbahn.

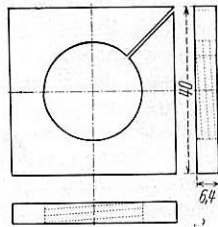


Abb. 7. Schraubensicherung  
der Französischen Südbahn.

durch die dachförmige Form der Lasche etwas angehoben, unter  
der Radlast senkt er sich dann bis zur Waagerechten, um sich  
dann nach Entlastung wieder zu heben. Durch diese dauernde  
Bewegung werden außerdem die Berührungsflächen zwischen  
Lasche und Laschenkammer ständig blank geschleuert, so daß  
auf Strecken mit elektrischer Zugförderung die Stromverbindungs-  
kabel an den Stößen entfallen können. Um die Laschenschrauben  
gegen Lockerwerden zu sichern hat Cadis noch eine federnde  
Schraubensicherung hergestellt, die in Abb. 7 dargestellt ist.  
Diese Sicherung wird mittels eines Keils, der in den diagonalen  
Schlitz der Platte eingetrieben wird, geöffnet, so daß sie über der  
Mutter auf den Laschenbolzen aufgeschraubt werden kann. Nach  
Herausziehen des Keils schließt sie sich durch ihre Federkraft  
unlösbar fest an den Bolzen an. Mf.

Rly. Engr. August 1932.

### Rasche Schienenauswechslung mit gleichzeitiger Bearbeitung der Schienenlager auf den Schwellen.

Die französische Nordbahngesellschaft hat ein neues Ver-  
fahren zur raschen Schienenauswechslung ausgearbeitet, das  
gleichzeitig auch eine Bearbeitung der alten Schwellen ermöglicht,  
ohne daß letztere aus ihrer Lage entfernt werden müssen. Das  
Verfahren wird dort mit Vorteil angewandt, wo die Schwellen  
noch gut sind und nur eine Auswechslung der Schienen wegen  
zu großer Abnutzung oder Einbaues schwererer Schienen not-  
wendig ist.

Das Verfahren gliedert sich in drei Abschnitte: Zunächst  
werden die neuen Schienen mit Spezialwagen auf das zu er-  
neuernde Gleis gebracht, zu beiden Seiten abgeladen, auf die  
Schwellenköpfe geschoben und dort zu einem Hilfgleis von  
100 m Länge und etwa 2,30 m Spurweite zusammengefügt. Bei  
Benützung von Schienenhebern und Rollen genügen vier Mann,

um die 24 m langen Schienen mit einem Gewicht von 46 kg/m  
zu verlegen.

Das Hilfgleis dient als Fahrbahn für die Hebevorrichtungen  
— fahrbare Querträger mit darauf verschiebbaren Winden —,  
mit Hilfe derer die alten Schienen nach Lösung der Schrauben  
angehoben und auf niedrig gebaute Rollwagen verladen werden  
(s. Abb. 1). Um bei Neigungen der Fahrbahn die Querträger  
horizontal einstellen zu können, besitzen die Hebevorrichtungen  
Stellschrauben.

Nach Entfernung der alten Schienen werden die Schienen-  
auflageschwellen mit Hobel- und Bohrmaschinen bearbeitet, die  
gleichfalls in einem Gestell auf dem Hilfgleis bewegt werden

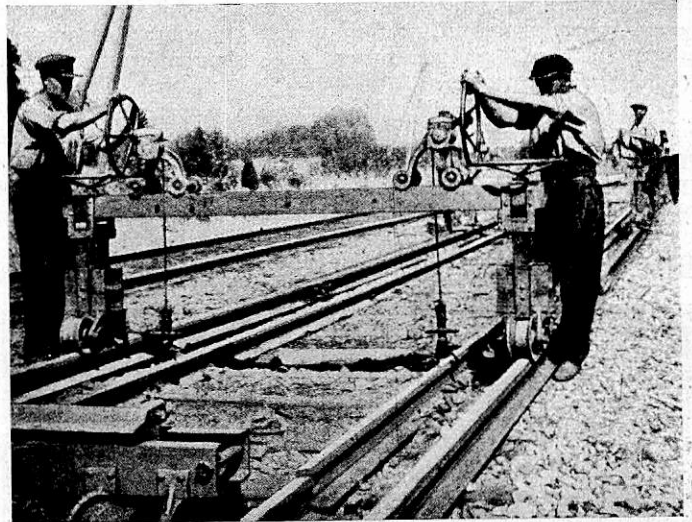


Abb. 1. Entfernung der alten Schienen.



Abb. 2. Bearbeitung der Schwellen mit Hobel- und Bohr-  
maschinen.

(s. Abb. 2). Ihre bewegliche Anordnung auf dem Gestell gestattet  
Spurerweiterungen im Gleis zu berücksichtigen. Nach diesen  
Vorarbeiten werden die neuen Schienen auf die Schwellen auf-  
gesetzt und verschraubt.

Das Verfahren, das zuvor auf einem Versuchsgleis erprobt  
wurde, wurde zum erstenmal im Betrieb zwischen Erment und  
Valmondois angewandt, wobei Schienen von 8 m Länge und  
einem Metergewicht von 30 kg durch solche von 24 m Länge  
und 46 kg Metergewicht ersetzt wurden. Die tägliche Leistung  
war bei einem Einsatz von 40 Mann und achtstündiger Sperrung  
des Gleises 450 m Gleis, was einer Bearbeitung von etwa 730  
Schwellen entspricht. Bei stoßweiser, zwischen die Zugpausen  
gelegter Arbeit sinkt die Leistung erheblich, Zeitspannen unter  
90 Minuten lassen sich überhaupt nicht mehr verwerten. Da der  
Arbeitsvorgang keine Schwierigkeiten in sich birgt, kann die  
Auswechslung der Gleise auch während der Nacht durchgeführt  
werden. Scherer/Ks.

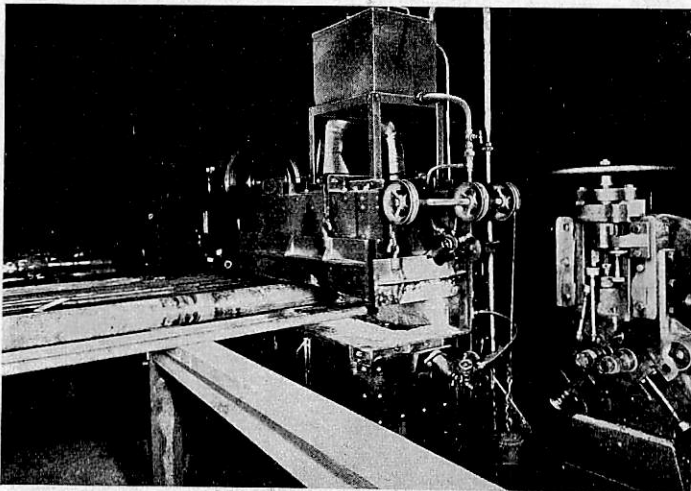
(Rev. gén. Chem. de fer, Mai 1932.)

## Werkstätten; Stoffwesen.

### Neuartiger ölgefeuerter Anwärmeofen für die Rauch- und Heizrohrinstandsetzung.

Die Rauch- und Heizrohrinstandsetzung enthält mehrere Arbeitsgänge, die ein Bearbeiten der Rohrenden in gut rotglühendem Zustand erfordern. Zum Einziehen des Halses bei Rauchrohren, zum Einengen des Bundes der Heizrohre am Feuerbuchsende unter den Walzen und zum Aufweiten der Rauchkammerenden bei beiden Rohrarten müssen die zu bearbeitenden Rohre auf 200 bis 400 mm Länge angewärmt werden. Erfolgt das Einengen des Bundes in kaltem Zustand, so ist trotzdem noch nachträglich sorgfältiges Ausglühen zur Beseitigung der Spannungen nötig. In einer Rohrwerkstätte mit einem gemeinsamen Bearbeitungslauf für Heiz- und Rauchrohre sind demnach mindestens drei, bei getrennten Arbeitslaufbahnen sechs Anwärmeöfen aufzustellen.

Während sich Gasöfen bei geeigneter Konstruktion wesentlich besser den besonderen Verhältnissen der Rohrwerkstätte anpassen lassen, treten der wirtschaftlichen Ausführung von Ölfeuerungen große Schwierigkeiten entgegen. Bis vor kurzem war man auf die Ein-Brenner-Muffelöfen angewiesen, die eine selbsttätige Beschickung mit dem Anwärmeöl ausschlossen. Die Rohre mußten einzeln eingelegt, angewärmt und entnommen



werden, wobei der eigentliche Arbeitsgang durch die Anwärkung mit einem Vielfachen seiner Gedingezeit belastet wurde. Selbsttätige Beschickungsmöglichkeit und Anwärkung, deren Zeitdauer in den weitesten Grenzen dem nachfolgenden Arbeitsgang angepaßt werden konnte, waren aber nicht zu umgehen, wenn die Leistung einer Rohrwerkstätte, der nur Ölfeuerung zur Verfügung steht, gegenüber der mit Gasöfen versehenen Werkstätte nicht zurückstehen sollte. Deshalb wurde im Reichsbahnausbesserungswerk Ingolstadt ein in der Abbildung dargestellter Durchlaufofen mit zwei Brennern entwickelt, der in der Ausführung der Firma Ruppmann den geforderten Bedingungen entsprach. Die Rohre rollen durch eine der geeigneten Rohrlaufbahn schräg angepaßte Anwärmecke. Zwei Brenner erhitzen die Rohrenden von oben und unten her, entgegen der Laufrichtung der Rohre. Die Anwärmedauer kann durch die leicht regelbaren Brenner und durch Kürzung oder Verlängerung der Anwärmecke beliebig geändert werden. Für Heizrohre genügt die Anwärkung mit dem unteren Brenner.

Die Brenner werden mit Teeröl betrieben, das zur Anwärkung und Erzeugung des nötigen Druckes über dem Ofen in einem mit einer Ölstandsanzeigevorrichtung versehenen Behälter gelagert ist. Das Öl wird für alle Öfen mit einer gemeinsamen Flügelpumpe in die Behälter gepumpt. Den Brennern wird die Verbrennungsluft mit einer Temperatur von rund 70° C zugeführt, die in einem Gegenstromluftherhitzer mittels der Abgase erzeugt wird.

Der in der Abbildung dargestellte Ofentyp hat sich nach halbjährigem Betrieb gut bewährt. Gegenüber dem früheren

Ofen entfällt künftig der Anwärmezeitzuschlag von 3 bis 5 Minuten. Die Rüstzeit kommt der bisherigen gleich. Über die anfallenden Unterhaltungskosten liegen noch nicht genügend Erfahrungen vor. Die Anschaffungskosten sind um rund 100% höher als bei dem alten Ofen. Wird eine Zeitersparnis von nur 2 Minuten je Rohr angenommen, so ergäbe sich ein Jahresminderbetrag von rund 2000 Stunden, so daß unter Berücksichtigung der hier vernachlässigten Zuschläge ein weiter Spielraum für die wirtschaftliche Anwendung des Durchlaufofens besteht. Lippl.

### Oberflächenschäden an Radreifen als Folge von Schienenbeschädigungen.

Die Nordisk Järnbanetidskrift berichtet von einem Fall eines eigenartigen, an Radreifen aufgetretenen Schadens.

1924 wurden bei der Hauptwerkstätte in Göteborg zwei Räderpaare eingeliefert, die in den Laufflächen der Radreifen außer bekannten Bremsflachstellen in diesen Flachstellen schlackenähnliche Anhäufungen festgeglühten Eisens zeigten, auf größere oder geringere Länge in der Lauffläche ausgewalzt, sog. „Scharren“.

Die zwei Radsätze waren unter einem mit Druckluftbremse versehenen, schweren Güterwagen gelaufen, und zwar zu einer Zeit, in der wegen Mangel an Bremswagen ein Teil des Zuges (etwa 60%) luft-, der andere handgebremst lief. Es kann dabei wohl vorgekommen sein, daß der Führer, den Handbremsen nicht vertrauend, von der Luftbremse so starken Gebrauch machte, daß die Räder festgebremst wurden und längere oder kürzere Strecken schleifend zurücklegten.

Diese „Scharren“ wurden näher untersucht. Es lag nahe, anzunehmen, daß diese Abschieferungen vom Radreifenstoff selbst herrührten, aber da sie im Vergleich zu den Flachstellen sehr ausgedehnt waren, so kam man bald darauf, daß sie nur von den Schienen herrühren konnten. Erhebungen ergaben, daß an den Schienen „Brandstellen“ und neben den Schienen Stahlschiefer gefunden wurden. An mehreren Schienen wurden „Brandstellen“ gefunden von einer Länge von 30 cm bis zu mehreren Kilometern und in Breiten von 3 bis 10 mm. Im Gleis wurden Schiefer gefunden von einigen cm<sup>2</sup> bis zu 12 cm Länge und von einer Dicke von Zehntel-mm bis zu 3 mm. Aus dem Gefüge der Schiefer ging deutlich hervor, daß sie abgeseuert worden waren.

Genauere Untersuchungen ergaben, daß auch der Radreifenstoff unterhalb der aufgeglühten Schiefer Gefügeveränderungen erfahren hatte, für die Temperaturen von 750 bis 800° angenommen werden mußten. Nach dieser Temperaturerhöhung mußte durch rasche Wärmeableitung eine schnelle Abkühlung und ein Härtungsvorgang eingetreten sein. Der Übergang zwischen Reifen und Schiefer war eine regelrechte Schweißung. Die Temperatursteigerung mußte durch Schleifen zwischen Rad und Schiene hervorgerufen worden sein. Da die festgeschweißten Schiefer über ziemlich große Teile der Lauffläche der Radreifen verteilt waren, so konnte es sich nicht um eine Festbremsung der Räder handeln. Das Rad mußte sich entweder im Vergleich zur Zuggeschwindigkeit wenig mitgedreht haben oder es waren Festbremsungen in geringen Zeitzwischenräumen erfolgt. Der Stoff von Radreifen und Schiene war ungefähr gleich. Der Unterschied in der Härte war nur mehr darauf zurückzuführen, daß die Schienen nach der Walzung nicht mehr geglüht werden. Diese Stoffverwandtschaft mag die Schieferbildung gefördert haben. Der Vorgang hatte auch eine örtliche Härtung der Radreifenlauffläche zur Folge.

Zur Erklärung der Sache wird auf eine Abhandlung „Schiene und Rad, Werkstoffbeanspruchung und Schlupf bei Reibungsgetrieben“ von Dr. Lorenz in Zeitschrift des VDL 1928, Nr. 6, S. 173 hingewiesen. Die zwischen Rad und Schiene an sich auftretenden Druckspannungen werden durch die bei der Bremsung vorkommenden, tangentialen Kräfte erhöht. Da aber in dem Stoff der Radreifen infolge des Schrumpfens beim Aufziehen der Radreifen von vornherein Zugspannungen vorhanden sind, so werden die Druckspannungen in den Schienen größer als in den Radreifen. Die ersteren werden also mehr angegriffen.

Dr. Saller.