

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Deutscher Eisenbahn-Verwaltungen

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

81. Jahrgang

30. Mai 1926

Heft 10

Wirtschaftlichere Gestaltung der Bettungsverdichtung durch das Walzverfahren.

Von Reichsbahnrat Faatz, Ansbach.

Hierzu Tafel 14.

Die Gegenüberstellung mehrerer Versuchsstrecken auf der Linie Würzburg—Treuchtlingen (km 80,698 bis 82,793), bei denen das Walzverfahren und das Stampfen im Wechsel angewendet wurde, ergab aufschlußreiche Vergleiche, über die im folgenden berichtet wird.

Örtliche Verhältnisse.

Der Umbau wurde zwischen den Stationen Burgbernheim—Steinach auf Gleis Würzburg—Treuchtlingen bei dauernd eingleisigem Betriebe in der Zeit vom 12. Oktober bis 25. November 1925 durchgeführt. Schwierigkeiten in betrieblicher Hinsicht haben sich nicht ergeben, da in der nur 3 km von Steinach entfernten Station Burgbernheim eine Weiche eingebaut wurde. Gewählt wurde diese Strecke wegen ihrer schwierigen Verhältnisse in der Annahme, daß, wenn sich hier die Walze bewährt, dies in anderen Strecken mit günstigeren Verhältnissen um so mehr der Fall sein wird. In unserem Falle handelte es sich nicht in erster Linie darum, den Umbau möglichst rasch zu beenden, sondern möglichst zahlreiche Erfahrungen zu sammeln.

Die Strecke liegt in einer Steigung 1:100; es wechseln fortwährend Einschnitte mit Dämmen und Krümmungen mit Gegenkrümmungen bis zu einem Halbmesser von 584 m herab. Auch die Bodenverhältnisse waren verschieden. Keuperletten wechselte mit Packlager und Sand ab, so daß auch in dieser Beziehung die Strecke als Versuchsstrecke wie geschaffen war. Ebenso waren die Witterungsverhältnisse nicht gleichmäßig (trockene Witterung, Regen, Schnee, Frost).

Im übrigen ist bezüglich der örtlichen Verhältnisse auf Abb. 1 und 2, Taf. 14 alles Nähere zu ersehen.

Organisation des Baubetriebes.

Ein äußerst wichtiger Umstand ist die Organisation des Baubetriebes; denn eine gute Arbeitseinteilung spart viel Arbeit. In erster Linie kam Talbetrieb in Frage, der beim Nachschub der Baustoffe wirksam in die Erscheinung trat. Auch die Länge der Arbeitsstelle ist wichtig. Eine zu geringe Länge hindert die Leute beim Arbeiten; eine zu große Länge ist für die Übersichtlichkeit der Bauleitung schädlich. Es wurde daher die auf Abb. 3, Taf. 14 dargestellte Truppeneinteilung aufgestellt, die sich sehr gut bewährt hat. Truppverschiebungen kamen nur vereinzelt vor, wenn in Einschnitten die herauszuschaffende, alte, verschlammte Bettung sich sehr schwer aufpickeln liefs und mit Rücksicht auf die Beengtheit der Baustelle sofort weggeschafft wurde, um später die Bettung nicht zu verunreinigen. Auch mußte die Bankettseite von Baustoffen möglichst freigehalten werden, um mit der Walze so nahe wie möglich an die Böschung heranwalzen zu können. Auf Dämmen ging die Arbeit rascher von statten, weil die alten, unbrauchbaren und stark verschlammten Bettungstoffe an der Dammböschung ausgebreitet werden konnten und das Aufladen auf Bahnwagen somit entfiel. Der Abbruchtrupp (Textabb. 1) verlud sofort auch die Altschwellen und Altschienen, so daß die Arbeitsstelle entlastet war. Um das Aufladen der verschlammten Bettungstoffe möglichst einfach zu gestalten, wurden jeweils ein bis zwei Schwellen herausgenommen, die Bettungstoffe dazwischen aufgepickelt und auf die auseinander-

gezogenen Wagen gleichzeitig von allen Seiten her aufgeladen. An der Baustelle waren tätig anfänglich 70, später 90 Arbeiter. Die Baustelle hatte bei Baubeginn eine ungefähre Länge bis zu 150 m, später bis 250 m, weil die Einschnitte nicht mehr so stark aufhielten und ein zügigeres Walzen nur vorteilhaft war. Die neuen Schienen und Schwellen und ein Teil des Schotters waren jenseits des anderen Gleises gelagert; der Rest des Schotters zwischen den beiden Gleisen und dem Strang des andern Gleises. Weiter ist es zweckmäßig, den Grus oder Splitt jenseits des anderen Gleises zu häufen, da dieser dann leicht getragen oder auf dem Einschienenwagen mit gefüllter Trage verfahren werden kann. Das Gleiche gilt auch für reinen Quarzsand, da es sich bei lettiger Unterbaukrone als notwendig erwiesen hat, diese damit zu bestreuen, um ein Anhaften des Lettens an der Walze bei feuchter Witterung zu verhindern. Im übrigen dürfte in organisatorischer

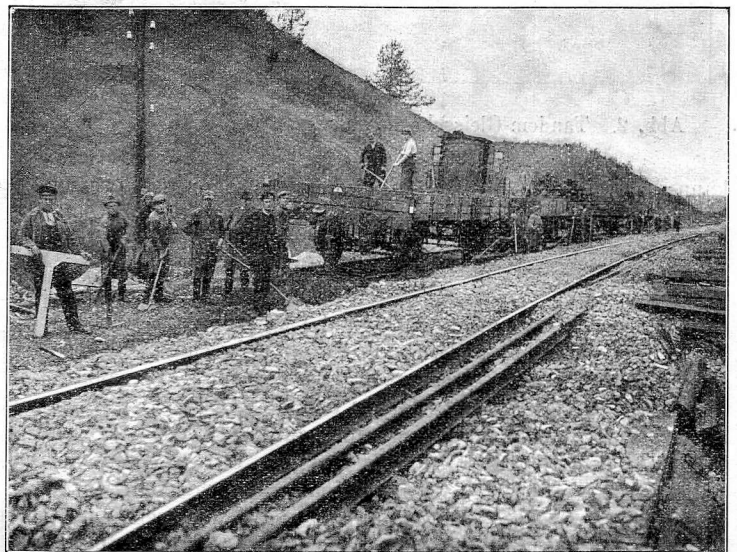


Abb. 1. Abbruch- und Verladetrupp.

Hinsicht aus der bereits erwähnten Tafel alles weitere ersehen werden können. Die bei dem Walz- und Stampfverfahren eingehaltene Arbeitsvorschrift, die durch die Gruppenverwaltung Bayern herausgegeben wurde, hat sich sehr gut bewährt. Die in dieser Vorschrift schematisch angegebenen Pflöcke sind des Schotters wegen aus Rundeisen hergestellt, und zwar haben diese Rundeisenstäbe eine zweckmäßige Länge von 0,90 m gegen Gleismitte und 1,20 m auf der Bankettseite.

Bauart und Verwendungsart der Walze.

Bei dem Gleisumbau wurde eine Tandemmotorwalze (Abb. 2) verwendet mit einem Gesamtgewicht von rund acht Tonnen. Die Achsentfernung beträgt 3,80; die vordere Walze aus Stahlguß hat einen Durchmesser von 1000 mm und eine Breite von 950 mm; die hintere Walze, ebenfalls aus Stahlguß, einen solchen von 1200 mm und eine Breite von 1050 mm. Das Gewicht verteilt sich zu ungefähr $\frac{2}{5}$ auf die vordere (~ 3200 kg) und zu $\frac{3}{5}$ auf die hintere Achse (~ 4300 kg). Infolge des

größeren Durchmessers der hinteren Walze ist die Druckfläche größer als bei der vorderen. Die Breite der Druckfläche bei Schotter beträgt vorn ungefähr 18 cm, hinten 22 cm, so daß die mittlere spezifische Pressung wie folgt angenommen werden



Abb. 2. Tandem-Gleisschotterwalze von der Seite gesehen.

kann: vorn zu $\frac{3200}{18,95} = 1,86 \text{ kg/cm}$; also größte Pressung höchstens doppelt so groß bei geradliniger Druckverteilung $= 2 \cdot 1,86 = 3,72 \sim 3,7 \text{ kg/cm}$; hinten: $\frac{4800}{22,105} = 2,06 \text{ kg/cm}$,

daher größte Pressung $2 \times 2,06 = 4,1 \text{ kg/cm}$; da statt gradliniger die parabolische Druckverteilung wahrscheinlicher ist, so dürften die Höchstpressungen nur $\frac{2}{3}$ der vorgenannten Werte, also: $\frac{2}{3} \cdot 3,7 = 2,5 \text{ kg/cm}$ und $\frac{2}{3} \cdot 4,1 = 2,7 \text{ kg/cm}$ erreichen. Diese Drucke wechseln naturgemäß und zwar ist bei weicherem Boden der Druck geringer, da die Breite der Druckfläche größer wird; bei hartem Boden umgekehrt. Die vorgenannten Drucke entsprechen mit einem gewissen Sicherheitsgrad (ungefähr 20%) den auftretenden Belastungen durch die Züge mit den neuen Achsdrücken. Die Walze verdichtet daher den Schotter und Unterbaukrone so, daß voraussichtlich keine weiteren Senkungen durch die Lasten der Züge zu erwarten sind. Ein größeres Gewicht der Walze wäre daher nutzlos, ein bedeutend kleineres voraussichtlich für die Verdichtung der Unterbaukrone und des Schotters nicht ganz hinreichend. Die Walze hat einen 16 pferdigen Benzolmotor, drei Gänge zu 1,2 und 3 km in der Stunde. Zum Walzen der Unterbaukrone kann der zweite Gang und zum Walzen des Schotters muß der kleinste Gang verwendet werden.

Verbrauch an Benzol rund 1,8 kg/Std.,
 « « Schmieröl rund 0,15 kg/Std.,
 « « Fett rund 0,08 kg/Std.

Der größte Gang wird zum Transport der Walze angewandt, der ohne Schwierigkeiten zwischen den beiden Schienenträgern eines Gleises mittels Bohlen verhältnismäßig rasch vor sich geht (Abb. 3). Infolge der großen Länge der Walze ist die Lenkfähigkeit etwas beeinträchtigt. Bei längeren Walzstrecken fällt dies nicht ins Gewicht, jedoch bei kürzeren, wegen des öfteren Wechsels im Hin- und Herfahren und des

damit verbundenen seitlichen Überdeckens der Walzstreifen. Die Achslagerung der hinteren Walze sollte etwas weniger weit ausladen, um näher an die Doppelbahnachse, die durch die Richtungssteine gekennzeichnet ist, heranzufahren zu können. Die Walze besitzt Kettenantrieb. Zahnradantrieb ist möglicherweise besser, da während des Walzens die Kette zweimal durch Zwischenklemmen eines Schottersteines rifs.

Der Schotter (Basaltschotter) wird durch die Walze nicht zerdrückt. Zweckmäßig ist Walzung sowohl der Unterbaukrone als der einzelnen Bettungsschichten in von unten nach oben abnehmender Bettungsstärke von ungefähr 9, 8, 7 cm (in zusammengeprelten Zustand) von außen nach innen und dann wieder von innen nach außen, so daß sich die Walzstreifen überdecken (siehe Textskizze). Diese Art des Walzens ist besonders bei der Unterbaukrone für den Wasserablauf wichtig. Jeder Stein wird mindestens vier- bis achtmal langsam eingewalzt (bei einmaligem Befahren durch Vorder- und Hinterachse, also zweimal). Ein öfteres Walzen ist zwecklos und vermindert die innere Reibung des Schotters; weniger Walzarbeit genügt nicht ganz. Bei einer Schotterquerneigung von 1 : 25 rutscht die Walze während des Fahrens seitlich etwas ab und zwar bei größerem Schotter mehr als bei kleinerem. Bei größeren Überhöhungen ist es daher nicht ganz zu vermeiden, daß man bei der obersten Walzschicht durch Stampfen etwas nachhelfen muß.

Durch die Walze werden starke Bodenpressungen der Unterbaukrone erzielt. Der bereits durch den Verkehr verdichtete alte Bahnkörper preßt sich bis zu weiteren 4 cm ein; Packlage ungefähr bis zu 1 cm. Dieser Umstand ist durch Stampfen nicht zu erreichen, und dies dürfte einer der Hauptvorteile der Walze sein, da Gleisenkungen auf längere Strecken, nachdem auch die Bettung verdichtet ist, mit aller Wahrscheinlichkeit auf die Dauer hintangehalten werden können, natürlich vorausgesetzt, daß nicht der gesamte Unterbau durch Naturereignisse nachgibt. In sandigem Boden ist ein Walzen nicht möglich, da sich die Walzen durch das Drehen einwühlen; auch drückt sich der Sand durch die erste, zweite und unter Umständen sogar durch die dritte Schotterschicht hindurch.

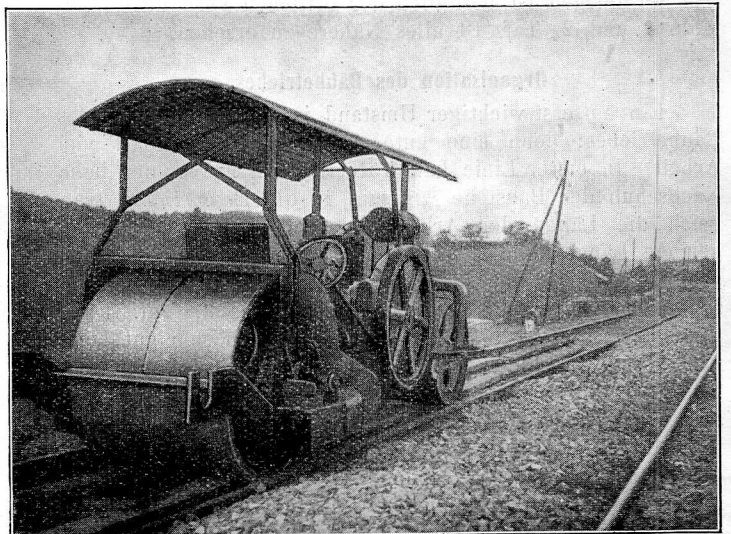


Abb. 3. Transport der Walze.

Es sind daher kleinere Durchmesser der Vorder- und Hinterachse der Walze als die verwendeten kaum zweckmäßig. Sehr gut walzt sich ein etwas leetiger Boden, so daß hier eine fast spiegelglatte Wasserabzugsfläche entsteht. Um diese durch das Aufbringen von Schotter und durch das Einwalzen nicht zu zerstören, hat sich das Aufbringen einer Sandschicht von höchstens 5 bis 6 cm (Abb. 4) Stärke sehr gut bewährt; da die untersten

Schottersteine sich in den Sand bis ungefähr etwas über die Hälfte eindrücken und den Letten daher noch nicht verletzen. Der eingebrachte Sand muß jedoch etwas feucht sein, damit er sich gut walzen läßt. Ein zu nahes Heranwalzen an die Bettungs- als auch Böschungskante ist nicht möglich, da die Walze bei letzterer bis zu 20 cm und mehr einsinkt und somit die Gefahr des Umkippens besteht. Es ist zweckmäßig, die Walze so zu stellen, daß der schwerere Teil der Walze, also die hintere Achse, sich in Vorbaurichtung befindet (Abb. 5). Demnach steht die Walze in Vorbaurichtung gesehen verkehrt

gebracht und genau nach einer Linie gewalzt, bzw. gestampft. Nach vorsichtigem Entfernen der Schottersteine konnte man aus den Eindrücken der Steine die Druckausladung erkennen (s. auch Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens 1925, Heft 22, S. 488).

Bezüglich des Grusbandes (Abb. 6) kann ein bestimmtes Urteil noch nicht abgegeben werden; es scheint sich jedoch gut zu bewähren. Seine Stärke muß ungefähr 5 cm betragen; denn 1 bis 2 cm rütteln sich in die Beschotterung, 1 bis 2 cm dienen zum Ausgleich von kleineren Höhenunterschieden der



Abb. 4. Abwalzen der Unterbaukrone unter Einbringung einer 4–5 cm starken Sandbettung.

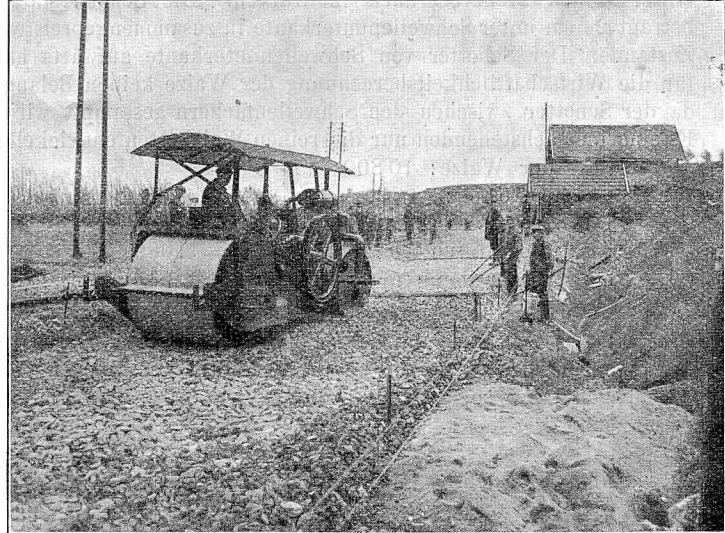


Abb. 5. Schotter- und Walztrupp.

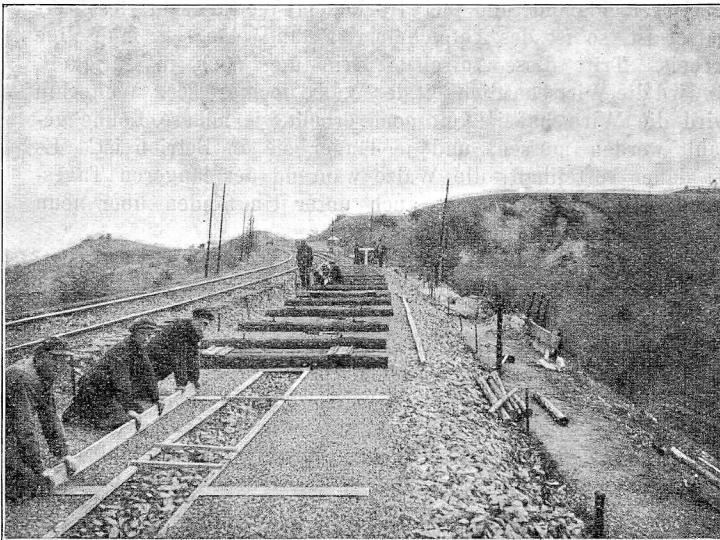


Abb. 6. Begrusungs- und Vorstrecktrupp.

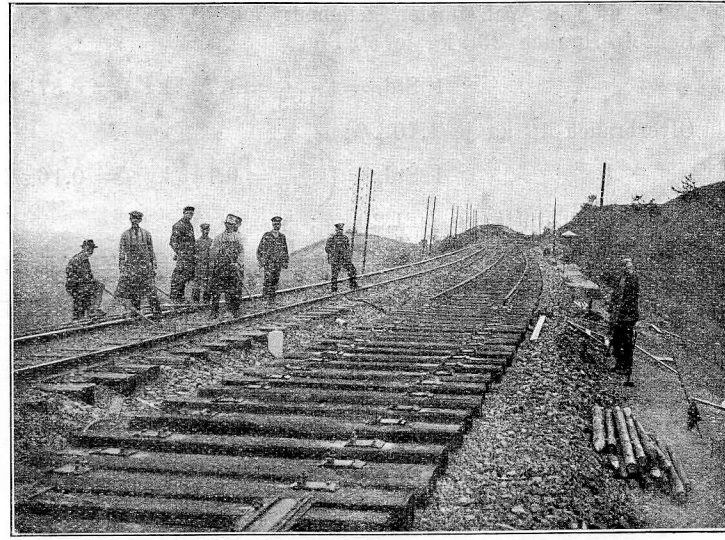


Abb. 7. Fertig verlegtes Gleis mit Anschluss zum Weitervorstrecken.

und zwar deswegen, weil bei den Schotterabsätzen der verschiedenen Schichten es sich gezeigt hat, daß die vordere Lenkachse leichter diese Schotterrampe erklimmt als die hintere Triebachse. An die äußere, obere Schotterkante darf die Walze höchstens bis zu 40 cm heranzufahren, da sonst der Schotter nachgibt und die Walze sich neigt. Von Wichtigkeit ist auch die tatsächliche Druckverteilung sowohl der gewalzten als auch der gestampften Bettung. Die Druckverteilung ergab sich nach mehrmaligen Versuchen durchschnittlich ungefähr zu 60°. Diese Versuche wurden folgendermaßen vorgenommen: Auf einer abgewalzten Lettenfläche wurde Schotter bis 25 cm Stärke auf-

Schwellen und 1 bis 2 cm zum Abgleich des bis zu dieser Größe höchstens ausgeglichenen Schotterbettes. Bei zu wenig Grus besteht die Gefahr des Einrüttelns während des Betriebes und dadurch der anfänglichen unruhigen Gleislage, was ja durch das Walzen bzw. Stampfen der Bettung ausgeschaltet werden sollte. Besser ist weniger und ganz grober Grus als mehr Grus, dafür aber weniger grob. Nach Versuchen wurde beim Walzen für das Grusband 10% weniger Grus verbraucht als beim Stampfen. Abb. 7 zeigt ein fertig verlegtes Gleis mit Anschluss zum Weitervorstrecken.

Anführen möchte ich noch, daß das reine Stampfmaß

(ebenfalls nach Versuchen) sowohl für Schotter, Grus und Sand 19 bis 20 % beträgt. Das letztere Maß dürfte daher mindestens für das Walzen gelten, da die Pressung etwas größer wird als bei gutem Stampfen (ungefähr 2 %).

Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Walze.

Die Umbaustrecke von km 80,698 bis km 82,793 Gleis Würzburg-Treuchtlingen umfaßt $\frac{2}{3}$ Walz- und $\frac{1}{3}$ Stampfstrecke.

Es wurden auf 1402 m Walzstrecke 1430 cbm zusammengepreßter Schotter bis Schwellenunterkante eingewalzt. Auf den laufenden m treffen daher im Durchschnitt 1,02 cbm einschließlich Mehrverbrauch in Kurven. Die Schotterstärke beträgt 24 cm unter Schwellenunterkante in zusammengepreßtem Zustande. Der Schotter von Schwellenunterkante aufwärts hat für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Walze keinen Belang, da der Schotter zwischen den Schwellenfächern gestampft wird. Es sind im nachstehenden nur die reinen Walzkosten entwickelt:

Kosten der Walze: 10 800 M.

Jährliche Kosten:

- 1. Zinsen 10 % = 1080 M
- 2. Reparaturen 10 % = 1080 «
- 3. Abschreibung 5 % = 540 «

Zusammen 2700 M

Nimmt man nun an, daß die Walze im Jahr möglichst ausgenutzt wird und zwar a) an 150 Tagen/Jahr und b) an 120 Tagen/Jahr, so ergeben sich folgende Wirtschaftszahlen:

- a) jährliche Betriebsstunden = $9 \times 150 = 1350$ Stunden,
- b) „ „ „ = $9 \times 120 = 1080$ «

Allgemeine Unkosten/Stunde:

a) = $\frac{2700}{1350} = 2,00$ M; b) = $\frac{2700}{1080} = 2,50$ M

Eine Bedienstungsstunde (Walzenführer) kostet 62 Pfennig + 10 % Zuschlag für soziale Lasten (= 6,2 Pfennig) = ungefähr 70 Pfennig.

Auf 133 Walzstunden kommen:

Benzolverbrauch 230 kg je 50 Pfg.;

1 Std. = $\left(\frac{230}{123} = 1,73 \text{ kg}\right) = 0,87$ M,

Ölverbrauch 19 kg je 1,10 M;

1 Std. = $\left(\frac{19}{133} = 0,143 \text{ kg}\right) = 0,16$ M,

Fettverbrauch $9\frac{1}{2}$ kg je 1,20 M;

1 Std. = $\left(\frac{9,5}{133} = 0,07 \text{ kg}\right) = 0,08$ M.

Betriebskosten: = 1,11 M.

Gesamtkosten/Std.

	a	b
Allgemeine Unkosten	= 2,00 M	2,50 M
Personalkosten . . .	= 0,70 «	0,70 «
Betriebskosten . . .	= 1,11 «	1,11 «
Zusammen . . .	3,81 M	4,31 M.

Die 133 Walzstunden verteilen sich:

- 1. für Schotter einwalzen (1430 cbm) = 107 Std.
- 2. für Unterbaukrone walzen . . . = 20 »
- 3. für Transport = 6 »

Zusammen 133 Std.

In einer Stunde werden daher eingewalzt:

$\frac{1430}{107 + 6} = 12,65$ cbm;

1 cbm Schotter kostet daher einzuwalzen in der Stunde:

a) $\frac{3,85}{12,65} = 0,304$ M; b) $\frac{4,33}{12,65} = 0,343$ M

oder in Arbeitsstunden ausgedrückt:

Stundenlohn 0,55 M + 10 % Zuschlag für soziale Lasten = = 0,605 M, somit

a) $\frac{0,304}{0,605} = 0,50$ Stunden; b) $\frac{0,343}{0,605} = 0,57$ Stunden.

Kosten des Stampfens.

Auf 693 m Länge wurden bis Schwellenunterkante 663 cbm Schotter eingestampft; dafür wurden 812 Arbeitsstunden aufgewandt und zwar wurde die Unterbaukrone und jede der drei Schotterschichten zu 9, 8 und 7 cm genau wie beim Walzverfahren je viermal gestampft.

Von den 812 Arbeitsstunden treffen auf die Verdichtung der Unterbaukrone 139 Stampfstunden; es verbleiben daher für Schottereinstampfen $812 - 139 = 673$ Stunden.

Sonach wurden bei viermaligem gründlichen Stampfen zu 663 cbm Schotter 673 Stunden verbraucht. In einer Stunde

somit gestampft: $\frac{663}{673} = 0,985$ cbm Schotter.

1 cbm Schotter kostet bei einem Stundenlohn von 0,55 M + + 10 % Zuschlag für soziale Lasten (= 0,605 M) einzustampfen:

$\frac{0,605}{0,985} = 0,615$ M;

und daher bei beispielsweise dreimaligem Stampfen $\frac{3}{4}$ mal 0,615 = 0,46 M.

Wirtschaftlicher Vergleich zwischen beiden Verfahren.

Das Walzen kommt nach diesen genauen Ermittlungen um mindestens 30 % billiger als das Stampfen; dabei ist der Umstand noch nicht berücksichtigt, daß durch das starke Zusammenpressen der Unterbaukrone entsprechend weniger Aushubarbeit geleistet zu werden braucht. Es muß allerdings gesagt werden, daß sehr fest und gründlich gestampft wurde und zwar jede Stelle viermal deswegen, weil auch die Walze über jede Stelle mindestens viermal hinwegging. Die verwendete Walze hat eine Aufreißervorrichtung; die Aufreißer selbst sollen jedoch erst geliefert werden. Da die alte Unterbaukrone meist sehr stark verschlammte und bei trockenem Wetter sehr fest verhärtet ist, so ist das Aufpickeln von Hand eine sehr mühselige Arbeit. Tritt diese Aufreißervorrichtung noch in Tätigkeit, so wird die Wirtschaftlichkeit der Walze noch größer. Weiterhin wird die Wirtschaftlichkeit noch erhöht, je höhere Löhne gezahlt werden müssen, und je länger sie in Betrieb ist. Es ist daher vorteilhaft, die Walze während der längeren Tageszeiten dauernd, das heißt auch unter Umständen über neun Stunden hinaus in Betrieb zu halten.

Ob das viermalige Stampfen dem Walzen gleichwertig ist, muß die Zukunft lehren. Ein Feinnivellement der Strecke mit dauernder Kontrolle in gewissen Zeitabschnitten während des Betriebes wird Klarheit schaffen, welche Einsenkungen größer werden, die der Walz- oder die der Stampfstrecke.

Die Walzstrecke wird sich voraussichtlich schon deswegen besser halten, weil die Unterbaukrone durch das Gewicht der Walze bedeutend besser verdichtet wurde. Dem Gefühl nach zu urteilen, scheint der gewalzte Schotter einen festeren Verband zu haben als der gestampfte; auch der Minderverbrauch an Grus scheint darauf hinzuweisen. Wägt man alle Umstände gegeneinander ab, so ist ohne Zweifel schon jetzt die Wirtschaftlichkeit der Walze gegeben.

Kosten des Umbaues.

- a) Walzstrecke von km 80,698 bis 81,500 und km 81,700 bis 82,300 = 1402 m.

	Stunden	Tag-schichten (9 Std.)
1. 1402 m Gleis abgebrochen, die Materialien auf Wagen verladen, nach Station Steinach verbracht, abgeladen und sortiert . . .	1260	140
2. 813 cbm Schotter ausgegabelt und seitlich gelagert bis zur Wiederverwendung . .	2232	248
Zu übertragen . . .		388

	Übertrag . . .	388	
3.	1390 cbm verschlammte Bettung aufgepickelt, in den Einschnitten auf Wagen geladen und an geeigneten Plätzen wieder entladen. Die unreine Bettung auf den Dammstrecken an der Böschung ausgebreitet	4077	453
4.	Die Höhenpflocke nach Vorschrift geschlagen	450	50
5.	1402 m Unterbaukrone gewalzt	20	15 ⁵ / ₉
6.	1430 cbm Schotter in drei Schichten, in geprefstem Zustand gemessen, eingebracht	3339	371
7.	1430 cbm geprefsten Schotter in drei Schichten gewalzt	107	83 ² / ₉
8.	Das Grusband nach Vorschrift aufgebracht (1402 . 2 . 1,0 . 0,06)	792	88
9.	1402 m Gleis neu verlegt samt allen dazu gehörigen Arbeiten	2583	287
10.	Die Höhenlage einzelner Schwellen nach der Probelastung nachgearbeitet	162	18
11.	Die Schwellenfächer mit 610 cbm Schotter verfüllt und den Schotter gestampft	1620	180
12.	2127 Stück Schwellen gebohrt und sortiert	306	34
13.	1528 cbm Schotter abgeladen	1620	170
14.	Für den eingleisigen Betrieb eine Weiche eingebaut und nach Aufhebung des eingleisigen Betriebes wieder ausgebaut. Während des eingleisigen Betriebes die Weiche bei Tag und Nacht bedient		148
15.	Sonstiges (Abheben der Bankette, Graben reinigen Mehrarbeiten an zwei Überfahrten usw.)		379 ² / ₉
	Sa.		2665

1 lfd. m kostet somit einzubauen 2665 : 1402 = 1,90 Tagsschichten.

Anmerkungen:

- Das Umbaugleis wurde um durchschnittlich 19,6 cm gehoben. Durch diese Hebung wurde sehr an Aushub gespart.
- Die Umbauarbeiten wurden mit Stamm- und Zeitarbeitern im Eigenbetrieb durchgeführt.
- Es ist zweckmäßig, das Ausrichten des einige Zeit dem Betriebe übergebenen Gleises sowohl in Höhe als auch in Linie mit einem Fernglas durchführen zu lassen.
- Nach genauen Berechnungen kommen sowohl bei der Walzstrecke als auch bei der Stampfstrecke auf den lfd. m mindestens 1,6 cbm gelockerter Schotter. Dieses Maß setzt sich folgendermaßen zusammen:

a) bei der Stampfstrecke treffen bis Schwellenunterkante auf den lfd. m: $\frac{663 \text{ cbm}}{693 \text{ m}} = 0,956 \text{ cbm/m}$,

b) bei der Walzstrecke: $\frac{1430}{1402} = 1,02 \text{ cbm/m}$.

Der Unterschied von 1,02 bis 0,956 = 0,064 cbm/m ist im ersten Augenblick auffallend. Er erklärt sich aber zwanglos daraus, daß bei der Walzstrecke das Schotterband vorübergehend um 15 cm breiter gemacht werden mußte, damit die Walze, die nur bis auf 40 cm an die äußere Schotterkante des Umsinkens wegen heranfahren kann, noch die Kopfflächen der Schwellenauflagerflächen entsprechend bestreicht. Diese Mehrschottermenge errechnet sich zu 1,0 . 0,15 . 0,30 (0,30 m = Maß von Unterbaukrone bis Schwellenunterkante am äußeren Lager gemessen) = 0,045 cbm/m.

Der Rest 0,064 — 0,045 = 0,019 cbm entfällt auf die größere Schotterverdichtung durch die Walze, das sind 2%.

Dieses größere Verdichtungsmaß stimmt auch mit der Tatsache überein, daß einmal bei der Walzstrecke für das Grusband 10% weniger Grus verbraucht wurde und zum andern, daß die Schwelleneinsenkungsmessungen günstigere Ergebnisse lieferten als bei der Stampfstrecke.

Der insgesamt erforderliche, lockere Schotter berechnet sich nunmehr bei 2,60 m langen Holzschwellen, bei 4% Querfälle und 24 cm geprefstem Schotter in Schwellenmitte zu:

unter Schwellenunterkante:
 0,956 cbm (geprefst) + 20% (Verdichtungsmaß)
 = 0,956 + 0,191 = 1,147 ~ 1,15 cbm/m
 über Schwellenunterkante: (Schwellen sind abgerechnet)
 0,396 + 12% (ungefähres Verdichtungsmaß zwischen den Schwellen und außerhalb)
 = 0,396 + 0,048 = 0,444 cbm/m
 somit insgesamt 1,147 + 0,444 = 1,591 ~ 1,60 cbm/m.
 (Aus wirtschaftlichen Gründen wurde dieses Maß nicht unter Schwelleninnenkante, sondern unter Schwellenmitte genommen; die Schotterstärke unter der Schwelleninnenkante wird dadurch zwar etwas geringer; aber dies ist dadurch gerechtfertigt, daß einmal noch ein mehrere cm Stärke betragendes Grusband hinzukommt und zum andern ist der Boden an der Schwelleninnenkante trockener und damit druckaufnahmefähiger.)

- Ein nicht unbedeutender Vorteil der Walze dürfte auch der sein, daß durch das stärkere Zusammenpressen der Unterbaukrone von durchschnittlich 2 cm mehr gegenüber der Stampfstrecke ein entsprechend geringeres Aushubmaß sich ergibt (für den km fast 100 cbm), da man um dieses Maß von 2 cm höher bleiben kann.
- Einzelne Beobachtungen nach nächtlichen kurzen Regengüssen haben gezeigt, daß das Wasser nach schätzungsweise ungefähr 5 bis 10 Stunden den Bahnkörper verlassen hatte. Dies entspräche bei nicht allzustarken Niederschlägen einer mittleren Sickergeschwindigkeit von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{7}$ mm/sec.

b) Stampfstrecke von km 81,500 bis 81,700 und 82,300 bis 82,793 = 693 m.

	Stunden	Tagsschichten (9 Std.)
1. 693 m Gleis abgebrochen, die Materialien verladen, nach Stat. Steinach verbracht, abgeladen und sortiert	621	69
2. 400 cbm Schotter ausgegabelt und bis zur Wiederverwendung seitlich gelagert	1098	122
3. 671 cbm verschlammte Bettung in den Einschnitten aufgepickelt auf Wagen geladen und an geeigneten Plätzen wieder entladen. Die unreine Bettung auf den Dammstrecken an der Böschung ausgebreitet	2025	225
4. Die Höhenpflocke nach Vorschrift geschlagen	216	24
5. 693 m Unterbaukrone gestampft	139	15 ⁴ / ₉
6. 663 cbm geprefsten Schotter in drei Lagen eingebracht	1656	184
7. 663 cbm geprefst Schotter in drei Lagen gestampft	673	74 ⁷ / ₉
8. Das Grusband nach Vorschrift aufgebracht (693 . 2 . 1,00 . 0,06)	378	42
9. 693 m Gleis neu verlegt samt allen dazu gehörigen Arbeiten	1269	141
10. Die Höhenlage einzelner Schwellen nach der Probelastung nachgearbeitet	81	9
11. Die Schwellenfächer mit 310 cbm Schotter verfüllt und den Schotter gestampft	801	89
12. 1048 Stück Schwellen gebohrt und sortiert	144	16
13. 755 cbm Schotter abgeladen	774	86
14. Für den eingleisigen Betrieb eine Weiche eingebaut und nach Aufhebung des eingleisigen Betriebes wieder ausgebaut. Während des eingleisigen Betriebes die Weiche bei Tag und Nacht bedient	—	72
15. Sonstiges (Abheben der Bankette, Graben reinigen, Mehrarbeit an zwei weiteren Überfahrten usw.)	—	190 ⁷ / ₉
Sa.		1360

1 lfd. m kostet somit einzubauen 1360 : 693 = 1,96 Tagsschichten.

Gesamtergebnis.

Durch das Stampfen der Bettung statt des Walzens ist die Möglichkeit gegeben, in der verkehrsrärmeren Tageszeit bei unterbrochenem, zeitweise eingleisigen Betrieb den Umbau

durchzuführen. Die Strecke ist daher nicht dauernd außer Betrieb, was besonders im Sommerfahrplan auf stärker belegten Strecken ein betrieblicher Vorteil sein kann; andererseits aber ist in baulicher Hinsicht ein täglicher Anschluß nötig, der bei größeren Höhenunterschieden zwischen dem umgebauten und dem alten Gleis sehr viel Arbeit erfordert und eigentlich nutzlos ist. Auch leidet hierunter die Güte der Arbeit, da immer nur kurze Umbaustrecken mit ungefähr 40 bis 60 m Tagesleistung in Frage kommen. Das Walzen ist in solchem Falle ausgeschlossen; es muß daher das teure Stampfen angewendet werden. Der scheinbare Nachteil bei Walzstrecken besteht darin, daß dauernd eingleisiger Betrieb gewährleistet sein muß. Dies wird selten zwischen zwei Überholungsstationen möglich sein. Jedoch wird der dauernd eingleisige Betrieb in den meisten Fällen durchführbar sein, wenn die nächste Station durch Einlegen einer Weiche angeschlossen wird. Durch diese Maßnahme wird die Zugfolge wesentlich beschleunigt. Es kann auch dadurch zügig gearbeitet werden, da hundert und mehr Arbeitskräfte an die Arbeitsstelle geworfen werden können, so daß bei guter Vorbereitung des Umbaus (hauptsächlich müssen alle Baustoffe zur richtigen Zeit vorhanden sein) die Dauer des eingleisigen Betriebes wesentlich abgekürzt wird gegenüber dem unterbrochenen zeitweise eingleisigen Betrieb und zwar fast um die Hälfte der Zeit. Auch für den Betrieb ist es sicherer, zwischen den Umbaustationen auf kürzere Zeit signalmäßige Fahrten durchführen zu können, als auf längere Zeit mit schriftlichen Befehlen zu arbeiten.

Man rechnet durchschnittlich auf eine normale Umbautagesleistung für eine Stampfstrecke 40 bis 60 m, je nach der Betriebspause und für eine Walzstrecke 70 bis 90 m. Weiterhin kommt die bessere Umbauarbeit letzten Endes wieder dem Betrieb zugute. Daß der Entscheid, ob die Walzarbeit besser als Stampfarbeit ist, schon jetzt gegeben werden kann, zeigen einzelne Schwellensenkungsmessungen. Es wurden während des Betriebes je zehn Messungen an verschiedenen Schwellen der Walzstrecke (fünf Stofs- und fünf Mittelschwellen) und je zehn Messungen an verschiedenen Schwellen der Stampfstrecke (fünf Stofs- und fünf Mittelschwellen) vorgenommen. Dabei ergab sich, daß die durchschnittlichen Einsenkungen bei der Walzstrecke ungefähr 0,65 mm und bei der Stampfstrecke 1,25 mm betragen. Die Messungen wurden unter verschiedenen Lokomotiven bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 25 bis 30 km durchgeführt. Diese Messungen mögen des einfachen Hilfsmittels wegen (s. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1924, Heft 11, S. 254) nicht ganz einwandfrei sein, aber sie geben sicherlich ein gutes relatives Vergleichsbild. Wissenswert ist sicherlich auch hier, wie hoch sich nach diesen Messungen wohl die Bettungsziffer stellt.

Bei 10 Messungen wurden auf der Stampfstrecke durchschnittlich $1\frac{1}{4}$ mm elastische Einsenkung ermittelt. (Die Ergebnisse schwankten zwischen fast Null und 2 mm Einsenkung.)

Nimmt man den durchschnittlichen Raddruck der über die Meßstellen gefahrenen Lokomotiven zu rund 8 t an, so würden bei einem Raddruck von 12,5 t (neuer Raddruck)

$$\frac{12,5}{8} \cdot \frac{5}{4} = 1,96 \text{ mm zu erwarten sein.}$$

Da die Lokomotiven die Meßstellen nur mit 25–30 km Geschwindigkeit befahren, so dürfte schätzungsweise noch ein Stofszifferzuschlag von 25 % zu nehmen sein, so daß bei einem Raddruck von 12,5 t und voller Stofsziffer eine Einsenkung von $1,96 + 25\%$ Zuschlag $= 1,96 + 0,49 = 2,45$ mm zu erwarten ist.

Dieser Wert stimmt annähernd mit einem bereits früher ermittelten Wert von 2,34 mm (s. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1925, Heft 22, S. 487) überein. Der letztgenannte Wert ist deshalb etwas geringer, weil auch die

dort für die Messung maßgebenden Geschwindigkeiten geringer waren, als der Stofsziffer 1,5 entspräche.

Die Bettungsziffer nähert sich daher tatsächlich stark dem Werte 15, soweit man diese Ziffer mit Rücksicht auf den einfachen Schwellensenkungsmesser überhaupt errechnen kann.

Die durchschnittlichen Einsenkungen bei der Walzstrecke sind demnach nur $\frac{3}{5}$ von jenen auf der Stampfstrecke, dies trotz bester Stampfarbeit. Der Grundsatz, daß Maschinenarbeit billiger und besser ist als Handarbeit, kommt auch hier wieder zur Geltung. Die Einsenkungen waren auch beim erstmaligen Befahren der Strecke mit einer G 12-Lokomotive so gering, daß sie mit bloßem Auge, sowohl bei der Walz- als auch bei der Stampfstrecke kaum wahrgenommen werden konnten. Die Entwicklung drängt also auch hier nach Maschinenarbeit, da mit höchster Wahrscheinlichkeit nach den vorliegenden Messungsergebnissen gesagt werden kann, daß auch die Unterhaltungsarbeit bei der Walzstrecke voraussichtlich noch geringer sein wird als bei der Stampfstrecke.

Folgerungen.

Wie die Taf. 14 zeigt, enthält die Versuchsstrecke drei Arten von Einzelstrecken und zwar:

- a) reine Walzstrecke (Unterbaukrone und Bettung gewalzt); durchschnittliche Einsenkung (unter den vorstehend angegebenen Verhältnissen) 0,65 mm/Druckstelle.
- b) reine Stampfstrecke (Unterbaukrone und Bettung gestampft); durchschnittliche Einsenkung 1,25 mm/Druckstelle.

Aus diesen beiden Messungen ist jedoch noch nicht zu ersehen, welcher Anteil an der elastischen Einsenkung der Verdichtung der Unterbaukrone und der Bettungsverdichtung zufällt. Es wurden daher weitere zehn Messungen unter denselben Verhältnissen wie bei a) und b) in der dritten Art der Versuchsstrecke vorgenommen mit dem nachstehenden Ergebnis:

- c) Unterbaukrone gewalzt, Bettung gestampft. Durchschnittliche Einsenkung 0,80 mm/Druckstelle.

Durch das Gegenüberstellen der drei gefundenen Werte bestätigt sich daher die auf Seite 178 ausgesprochene Vermutung, daß das starke Verdichten der Unterbaukrone der Hauptvorteil des Walzens sein dürfte.

Das umgebaute Gleis befährt sich sehr gut, trotz der geringen elastischen Einsenkungen. Es ist bekannt, daß zu einem guten Befahren die Elastizität weder zu groß noch zu klein sein darf. Im ersten Falle tritt ein hoher Verschleiß des Oberbaues auf, während im zweiten Falle die Stöße nicht genügend verarbeitet werden. (S. auch Dr. Saller: Stofswirkungen an Tragwerken und am Oberbau im Eisenbahnbetrieb Seite 49.) Bei den zukünftigen hohen Flächendrücken unter Schwellenunterfläche (bis zu $3,3 \text{ kg/cm}^2$ bei den neuen Achsdrücken) ist es daher vorteilhaft, die Unterbaukrone zu walzen, da nach Vorausgehendem die Elastizität des Bettungskörpers noch genügend groß ist.

Nachtrag.

Im Nachgang zu meiner ersten Veröffentlichung über gekrampte und gestampfte Bettung im Organ 1925, Seite 484 sei auf folgendes aufmerksam gemacht:

Auf Tafel 35 des Jahrgangs 1925 sind Abbildungen von verschiedenen Versuchsstrecken gebracht. Die eine Abbildung stellt eine gestampfte Strecke ohne Eisenbetonroste, die andere eine gestampfte Strecke mit nachträglich eingebrachten Eisenbetonrosten an den Stößen dar. Letztere zeigt nun etwas größere Stofsanschläge als erstere.

Dieser Umstand könnte möglicherweise zu der irrümlichen Anschauung führen, als ob die Verwendung von Eisenbetonrosten in gestampfter Bettung nachteilig wäre. Dieser Auffassung, wenn sie ja entstanden sein sollte, möchte ich jedoch entschieden entgegenreten; denn aus dem ganzen Sinn der

Abhandlung auf Seite 484 geht hervor, daß nur durch das nachträgliche Einbringen der Roste ($1\frac{1}{2}$ Monate später) und das hierdurch bedingte Auflockern der Bettung die Mhereinsenkung verursacht wurde. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß sich die Bettung trotz besten Stampfens oder Walzens unter den Verkehrslasten nach einigen Monaten noch um weitere 5 bis 6 ‰ verdichtet. Es ist daher klar, daß trotz besten Einstampfens des Schotters über den nachträglich eingebrachten Rosten noch eine Einsenkung stattfand, die naturgemäß verhältnismäßig größer war als bei dem bereits verdichteten Schotterbett. Dieser Wert der gleichmäßigen Schotterverspannung sollte daher durch die gezeichnete Darstellung ins rechte Licht gestellt werden.

Dynamische Messungen am Eisenbahnoberbau.

Von Reichsbahnoberrat Dr. Saller.

Seit Jahren kehrt in Abhandlungen, die sich mit der Berechnung des Eisenbahnoberbaues beschäftigen, die Klage wieder, daß die Theorie zu wenig Gelegenheit hat, sich auf tatsächliche wissenschaftliche Beobachtungen am Oberbau zu stützen. Das gleiche beklagt auch die Ausübung, die auf manche Erscheinungen am Oberbau aufmerksam wird, zu deren genauer Erforschung ihr Mittel und Zeit fehlen. Seit den grundlegenden Versuchen von Wasıutyński (Organ, Ergänzungsheft 1899) und Ast (Organ, Ergänzungsheft, XII, 1900) sind größere Beobachtungsversuche nicht mehr bekannt geworden, wenn auch einzelne, in der Ausübung stehende Fachleute wie Bräuning (»Die Grundlagen des Gleisbaues«) ganz ersprießliches und Dankenswertes zu leisten in der Lage waren, soweit dies mit ganz einfachen Mitteln und unter Vermeidung der für wissenschaftliche Versuche unumgänglichen großen Zurichtungen und Aufwendungen möglich war. In den letzten Jahren hat es der Oberbauausschuß des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen unternommen, Beobachtungen am Oberbau in aller Stille durch einen Unterausschuß wieder aufnehmen zu lassen. Er war hierbei von der Absicht geleitet, einheitliche Verfahren zur Berechnung des Oberbaues festzulegen, nach denen die dem Verein angehörenden Verwaltungen einheitlich im Wagenübergangsverkehr die ihren verschiedenen Oberbauarten zuzumutenden Belastungen rechnen können. Die Beobachtungen legten also größeres Gewicht auf den praktischen Zweck als auf Wissenschaftlichkeit, standen aber immerhin auf einer Höhe, daß auch die Wissenschaft aus ihnen Nutzen wird ziehen können und sie erfolgten unter einem Aufwand an Mitteln und Zurichtungen, den der einzeln Ausübende sich nicht entfernt leisten kann. Die Versuche heben sich also aus den geringen Ansätzen der letzten Jahrzehnte, am Eisenbahnoberbau eingehende Beobachtungen über sein Verhalten unter den Verkehrslasten zu machen, vorteilhaft heraus. Es ist anzunehmen, daß der Verein in absehbarer Zeit mit der Veröffentlichung dieser Versuche hervortreten wird.

Es ist nicht beabsichtigt, hier diesen kommenden Veröffentlichungen etwas vorwegzunehmen, aber es sollen doch gewisse Seiten dieser Beobachtungen vorweg bekannt gegeben werden, die auf neue Gebiete geführt haben. Ihre Bekanntheit drängt um so mehr, als sie eine mitten in der Entwicklung stehende Frage betreffen und anderweitigen Versuchen von Nutzen sein können, die z. Zt. an verschiedenen Orten einzusetzen scheinen. Wenn die neuen Versuche des V. D. E. V. auch von vornherein nicht auf die Genauigkeit und Wissenschaftlichkeit der Wasıutyńskischen Beobachtungen Anspruch machen wollten, so kommen ihnen doch gewisse Fortschritte sehr wesentlich zugute, die inzwischen sowohl nach der wissenschaftlichen Seite der dynamischen Berechnungen am Oberbau als auch namentlich auf dem Gebiete des Meßgerätewesens gemacht worden sind. Was für die technische Beurteilung des Oberbaues maßgebend ist, sind die in seinen verschiedenen

Wird daher nach dem Vorausgehenden das durch die Auflockerung bedingte Senkungsmaß wieder durch Unterlegen von Splitt ausgeglichen (was bei der vorgenannten Strecke nicht getan wurde bis zur Messung nach 15 Monaten, um eben den Wert der Schotterverspannung zu ermitteln), so ist es wohl selbstverständlich, daß die Verstärkung am Stofse durch untergelegte Roste größer ist, als ohne Roste; infolgedessen wird sich die Strecke mit Rosten auf die Dauer wohl auch besser halten als eine solche ohne Roste.

Aus dem Ganzen geht nun hervor, daß es vorteilhaft und zweckmäßig ist, die Roste gleichzeitig, sei es beim Stampf- oder Walzverfahren, mit dem Schotter einzubauen, um eine gleichmäßige Verspannung und Verdichtung zu erzielen.

Teilen auftretenden Spannungen. Diese müssen in der Ausübung so niedrig gehalten werden, daß sie die Grenze des Bruches nicht erreichen. Da die Größen der dynamischen Beanspruchungen etwas nicht entfernt genau Greifbares sind, müssen sich die berechneten Spannungen der Sicherheit wegen von der Bruchgrenze sogar ein bedeutendes Maß fernhalten. Während Wasıutyński mit seinem nach heutigen Begriffen fast übertrieben genauen Meßverfahren, das sich bis auf 7,4 m tief in die Erde eingegrabener Grundmauern bediente, nur die Senkungen einzelner Oberbaupunkte, diese allerdings mit einwandfreier Genauigkeit, aufzeichnete und aus diesen Senkungen mit immerhin unsicheren Annahmen die Spannungen erst rechnen mußte, haben wir jetzt brauchbare Meßwerkzeuge, die die Spannungen unmittelbar zu messen und in Schaubildern festzulegen gestatten, und zwar, was beim Oberbau für die Ausübung von großem Gewicht ist, auf sehr geringe Meßlängen und mit genügender Vergrößerung. Man muß bei der Art der Formänderung der Schiene unter den Verkehrslasten mit großem örtlichem Wechsel der Spannungen rechnen und daher auf eine möglichst geringe Meßlänge Gewicht legen. Insbesondere hat im letzten Jahrzehnt ein ganz kleiner, fast in Taschenbuchgröße ausgebildeter Spannungsmesser des Holländers Okhuizen (Abb. 1) sich wachsende Beliebtheit erworben und hat, soweit sich Gelegenheit bot, vor allem im Brückenwesen, vereinzelt auch im Oberbauwesen Anwendung gefunden. Das Okhuizenmeßgerät arbeitet in seiner üblichen Form mit einer Meßlänge von 60 mm und mit etwa 412facher Vergrößerung. Es hat weiter den Vorteil, daß es seine Ergebnisse selbst aufzeichnet. Allerdings erfolgt die Aufzeichnung mit der Reibung einer lose angedrückten Bleistiftspitze und die Bewegung des Schaubildstreifens ist nicht selbsttätig, sondern der Streifen wird von Hand gezogen. Damit ist natürlich bei bewegten Lasten Ungleichmäßigkeiten und Ungenauigkeiten die Türe geöffnet. Soweit es sich aber nur um große Gesichtspunkte handelt, kann dieser Nachteil oft in Kauf genommen werden. Wenn die Geschwindigkeit der Lastbewegung und die Abstände der Lastpunkte bekannt sind, die einzelnen Achsdrücke der Verkehrsbelastung sich auf dem Schaubild deutlich herausheben, und von der Möglichkeit des Voreilens der Last abgesehen wird, kommt bei geringen Geschwindigkeiten die Unregelmäßigkeit an sich nur beschränkt zur Geltung. Man könnte das Ziehen von Hand ja wohl durch ein Uhrwerk ersetzen, allein damit würde zweifellos das Meßgerät den hervorstechenden Vorteil seiner Einfachheit einbüßen.

Die eingangs erwähnten Beobachtungen des Ausschusses bedienten sich ausschließlich dieser Okhuizenmeßgeräte. Sie bezogen sich auf verschiedene Verkehrsgeschwindigkeiten bis hinauf zu etwa 90 km/Std. Auf Beobachtungen unter diesen großen Geschwindigkeiten war besonderes Gewicht zu legen, da ja nach üblicher Auffassung die Einwirkungen der Verkehrslasten auf den Oberbau mit der Geschwindigkeit wachsen.

Aber gerade hier ergaben sich die größten Zweifel, ob das Okhuizenmeßgerät die Spannungsschwankungen im Oberbau richtig aufzeichnet. Man hat inzwischen zu erkennen gelernt, daß für Beobachtungen unter bewegten Lasten besondere dynamisch eingestellte Meßwerkzeuge erforderlich sind, an deren Eigenschwingungszahl bestimmte, z. B. im Erdbebenbeobachtungswesen längst bekannte Anforderungen zu stellen sind. Die Möglichkeit, einen dynamischen Ausschlag an einem beobachteten Gegenstand (Brücke, Oberbau usw.) durch ein Meßgerät richtig

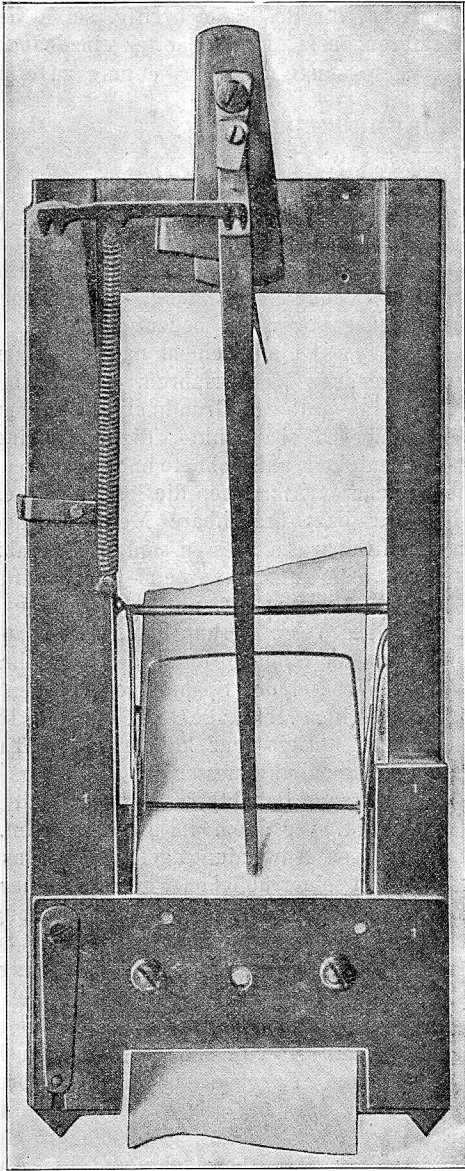


Abb. 1. Spannungs-Meßgerät von Okhuizen.

aufgezeichnet zu bekommen, ist nach dem nebenstehenden, im Erdbebenwesen längst bekannten Schaubild (Abb. 2) zu beurteilen. Aus ihm geht hervor, daß die Eigenschwingungszahl des Meßgerätes und ihr Verhältnis zu der beobachteten Schwingungszahl eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die ausgezogene, gekurvte Schaulinie stellt die Theorie, die punktierte Schaulinie die durch die Dämpfung gemilderte Wirklichkeit der Aufzeichnung durch das Meßgerät vor. Wenn AB der wirkliche, vom Meßgerät aufzuzeichnende Ausschlag ist, so entnehmen wir dem Schaubild, daß nur in der Zone I dieser Ausschlag richtig oder wenigstens mit praktisch genügender Annäherung wiedergegeben wird. In der Zone II wird der Ausschlag völlig entstellt und in der Zone III überhaupt nicht

wiedergegeben. Man rechnet, wenn man in der Ausübung 5 v. H. Ungenauigkeiten zuläßt, daß die Zone I etwa $\frac{1}{4}$ des ganzen Abstandes AC, das ist der Eigenschwingungszahl des Meßgerätes einnimmt. Nur in dieser kleinen Zone sind die Aufzeichnungen richtig oder wenigstens annähernd richtig. Diese Zone steht in einem bestimmten Teilverhältnis zur Eigenschwingungszahl des Meßgerätes. Damit tritt ein ganz neuer, bei unseren bisherigen statischen Messungen völlig unbekannter Gesichtspunkt in die Meßgerätetechnik ein. Man muß die

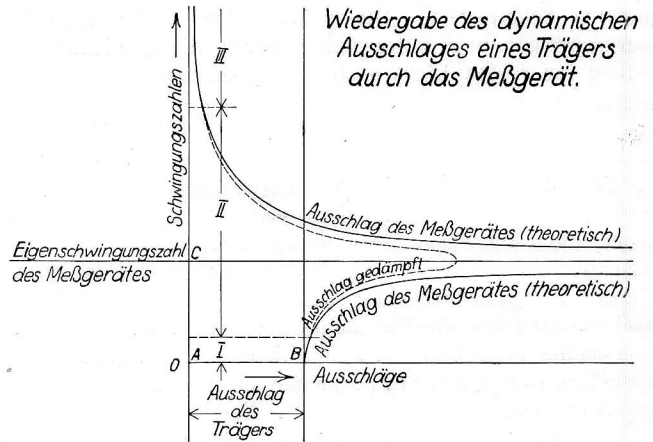


Abb. 2.

Eigenschwingungszahl des Meßgerätes und den Bereich der zu beobachtenden Schwingungen kennen. Man muß sich bei dynamischen Messungen recht wesentlich davon überzeugen, innerhalb welcher Schwingungszahlen das Gerät richtig arbeitet. Vor jedem Beginn von Messungen müßte immer die Eigenschwingungshäufigkeit des zu beobachtenden Gegenstandes, z. B. der Schiene, und zwar unter Umständen im lotrechten wie im wagrechten Sinne, und gleichzeitig die des Meßgerätes im angeschraubten Zustande bestimmt werden, sofern man nicht von vornherein versichert sein kann, daß sich die Messung im zulässigen Bereich bewegt. Bei der Auswertung der Schaubilder ist stets auf die beobachtete Schwingungszahl, die mit einigermaßen genügender Genauigkeit an den mit Zeitmarkierung versehenen Schaubildern muß abgeschätzt werden können, und auf deren Verhältnis zur Zahl der Eigenschwingungen des Meßgerätes Rücksicht zu nehmen. Wo die Schwingungszahl nicht innerhalb des Viertels der Eigenschwingungszahl zu liegen kommt, müssen die Werte mit einem Faktor verbessert oder überhaupt als unsicher bezeichnet werden. Hat man schon bei Brücken mit außerordentlich hohen Schwingungszahlen unter dem Verkehr zu tun, so scheint dies beim Oberbau nach bisherigen Beobachtungen, mit der Geschwindigkeit der Verkehrslasten stark zunehmend, noch viel mehr der Fall zu sein. Man hat hier mit Schwingungen zu rechnen, die bei großen Geschwindigkeiten 10000 in der Minute weit überschreiten können und also Meßgeräte voraussetzen, deren Eigenschwingungszahl etwa das Vierfache dieser Schwingungszahl beträgt. Versuche des Zentralamtes Berlin u. a. haben für den vorgenannten Okhuizen eine Eigenschwingungszahl von etwa 1750 in der Minute festgestellt. Es würde also Brauchbarkeit des Gerätes für Schwingungen nur bis zu 450 in der Minute gegeben sein. Daraus würde weiter die Unbrauchbarkeit des Okhuizenmeßgerätes für dynamische Messungen am Oberbau bei einigermaßen großen Verkehrsgeschwindigkeiten folgen unbeschadet der großen Bedeutung, die diesem kleinen Meßgerät nach wie vor für statische Messungen zukommt. Nun darf man sich die dynamischen Schwingungen nicht etwa als einen einfachen einheitlichen Vorgang vorstellen. Diese Schwingungen setzen sich vielmehr zusammen durch gegenseitige Überlagerung einer ganzen Reihe von Schwingungen

verschiedener Häufigkeit, unter denen die statischen Ausschläge mit der Schwingungszahl 0 von vornherein eine hervorstechende Rolle spielen. Den letzteren können sich aber Schwingungen höheren Grades, Grund- und Oberschwingungen, noch überlagern und diese können ihrer Größe nach soweit ausschlaggebend sein, daß sie das Bild der statischen Ausschläge wesentlich verändern oder gar bis zur Unkenntlichkeit entstellen.

Wenn bei Vorhandensein von Schwingungen großer Häufigkeit mit einem ungeeigneten Mefßgerät zu geringer Eigenschwingungszahl gearbeitet wird, so greift man nicht nur in die falsche Zone II, sondern auch in die Zone des »Schweigens« ein, die etwa vom Doppelten der Eigenschwingungszahl des Mefßgerätes beginnt. Hier gibt das Mefßgerät überhaupt die Schwingungen nicht mehr an, weil die Masse des Mefßgerätes die Bewegung des zu untersuchenden Körpers nicht mehr mitmacht.

Oberingenieur Dr. Geiger der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg ist, zunächst von Bedürfnissen des Maschinenfaches ausgehend, mit einem Universalmeßgerät hervorgetreten, das diesen neuen dynamischen Gesichtspunkten Rechnung zu tragen sucht. Die dynamischen Formänderungen werden hierbei mittels einer selbsttätigen, durch Uhrwerk getriebenen Schreibvorrichtung aufgezeichnet, deren Ablaufgeschwindigkeit innerhalb weiter Grenzen, bis zu 13 m Streifenlänge in der Minute und darüber, eingestellt werden kann. Das Mefßgerät ist in seiner Entwicklung noch nicht abgeschlossen und es läßt sich vor allem wohl jetzt schon annehmen, daß das Gerät den Besonderheiten der einzelnen Beobachtungsgebiete an Brücken, Oberbau usw. entsprechend Sonderformen annehmen wird. Die an Brücken angestellten Erhebungen des Zentralamtes an dem diesem seinerzeit vorgelegenen Dr. Geigerschen Mefßgerät liefen bei 112,5 facher Vergrößerung auf eine Eigenschwingungszahl des Mefßgerätes von beiläufig 40 000*) in der Minute schließten. Die Abb. 3 zeigt das Geigersche Mefßgerät in allerdings künftig vielleicht nicht mehr maßgebender Form in seiner Anwendung auf eine Brückenmessung.

Da, wie gesagt, große Zweifel bestanden, ob das Okhuizenmeßgerät insbesondere bei großen Zuggeschwindigkeiten die Formänderungen am Oberbau richtig aufzeichne, entschloß sich der Oberbauausschuß des V. D. E. V. zu Vergleichsbeobachtungen unter Verwendung des Okhuizen und des Dr. Geigerschen Mefßgerätes. Die Versuche wurden teils bei Bobingen in der Nähe von Augsburg, teils bei Freising vorgenommen, und zwar derart, daß an der einen Schiene eines Gleises das Okhuizensche und an der gegenüberliegenden Schiene des gleichen Gleises ein gleiches Schwellenfach das Dr. Geigersche Mefßgerät am Schienenfuß, also einseitig, immer nach außen, angebracht wurde. Beide Mefßgeräte messen gleichmäßig die Spannung im Schienenfuß etwa 4 mm über Schienenunterkante. Das Gleis wurde bei Bobingen mit Dampflokomotive, bei Freising mit elektrischer Lokomotive, diese bei den großen Geschwindigkeiten gefolgt von einer Reihe von Wagen, befahren. Es ergaben sich sonach annähernde Vergleichsmöglichkeiten. Von den Schaubildern sollen hier einige bezeichnende wiedergegeben werden und zwar aus den zeitlich letzten Versuchen bei Freising entnommen. Die ganzen Versuche bildeten erst eine Reihe der Entwicklung und erfuhren fortgesetzte Änderungen und Verbesserungen. Man suchte zunächst aus naheliegenden Gründen die auf verschiedene Vergrößerung einstellbare Dr. Geigersche Vorrichtung mit möglichstster Vergrößerung arbeiten zu lassen. Da sich die Schwingungszahlen am Oberbau aber als ungeahnt groß, bei den Bobinger Versuchen bis über 18 000 in der Minute ergaben

*) Mit neueren Geigerschen Geräten sollen bis zu 25 600 Schwingungen in der Minute zuverlässig aufgenommen worden sein. Es würde dies auf eine ganz ungeheure Eigenschwingungszahl schließen lassen.

und andererseits die Eigenschwingungszahl des Dr. Geigerschen Mefßgerätes mit der Zunahme der Vergrößerung verhältnismäßig abnimmt, so kam man im Verlauf der Versuche darauf, von der ursprünglich 179 fachen Vergrößerung bei 197 mm Mefßlänge zurückzugehen und sich mit einer 55 fachen Vergrößerung zu begnügen. Es wäre erwünscht, mit der Mefßlänge am Oberbau noch weiter herunterzugehen, allein die Ausschläge werden hier schon zu klein und die Möglichkeit der Vergrößerung ist nach obigem begrenzt. Man wird also wohl immer auf einen Ausgleich in diesem Punkte angewiesen sein. Abgesehen davon, daß die Freisinger Versuche am 3. XII. 25 die in der Entwicklung vorgeschrittensten waren, waren sie auch sonst dadurch merkwürdig, daß sie verhältnismäßig störungsfrei verliefen, was bei einer Kälte von etwa 7° und Schneefall für das etwas feine Dr. Geigersche Mefßgerät ganz besonders anzuerkennen ist. Den hervorstechendsten Teil dieses Mefßgerätes bildet nämlich ein besonders masearmer, als Drahtfachwerk ausgebildeter, außerordentlich biegungsfester, kleiner Schreibhebel, in dessen einem als feinstes Kapillarröhrchen ausgebildetem Gurt die Schreibflüssigkeit aufsteigt, um an der Austrittsstelle

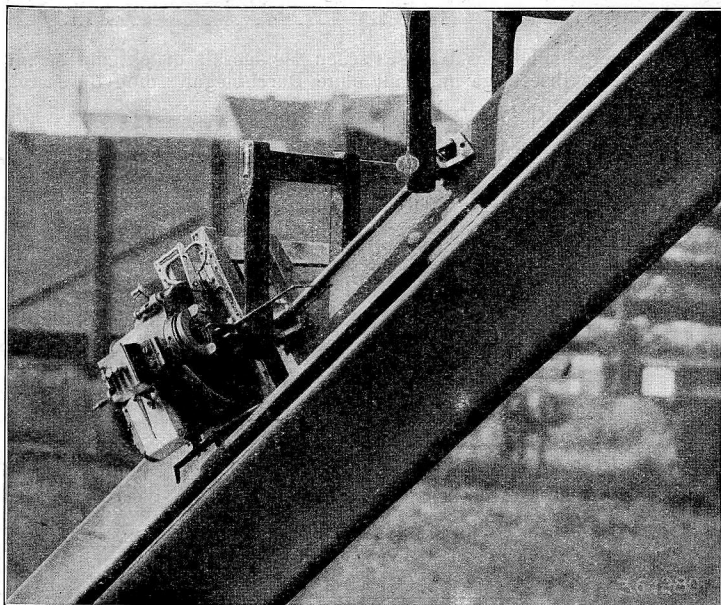


Abb. 3. Dr. Geigersches Mefßgerät bei einer Spannungsmessung an einer Brücke.

lediglich mit der Reibung einer kleinsten Flüssigkeitskuppe das Schaubild aufzuzeichnen. Der Geigerschen Schreibvorrichtung wird auch sonst bei aller Feinheit eine verhältnismäßige außerordentliche Unempfindlichkeit nachgesagt. Es soll vorgekommen sein, daß das Gerät über Nacht stehen blieb und daß die Versuche erst am nächsten Morgen wieder aufgegriffen wurden, ohne daß ein Versagen des Schreibhebels eintrat. Ebenso wurde das Gerät auf der Hochdruckseite von Dampfturbinen bei außerordentlicher Hitze angewendet, ohne daß auch bei längerer Benützung ein Versagen eintrat. Abb. 4 zeigt den Schreibhebel bei einer Probe auf seine Biegungsfestigkeit. Das Gewicht des Schreibhebels beträgt einschließlich Tintengefäß 1,9 bis 2,0 g. Die Länge des Zeigers vom Drehpunkt bis zur Schreibspitze ist 76 mm. Der Schwerpunkt des Zeigers liegt 7 mm vom Drehpunkt.

Die nebenstehenden Abbildungen 5 a und 5 b, 6 a und 6 b geben auf gleiche Länge und gleichen Spannungsmaßstab umgezeichnet solche Vergleichsbilder bei einer Geschwindigkeit von 22 km/Std. und 48,5 km/Std. Dem Umstand, daß der Streifen des Okhuizen nur von Hand gezogen wird, daß also die Okhuizenschaubilder keinerlei Schluf auf die Längenmaße

zulassen, wurde dadurch Rechnung getragen, daß die in der Zugfolge äußersten Lasten, so wie sie sich in den Schaubildern

mit Annäherung annehmen lassen, genau unter den betreffenden, durch Zeitmarkierung festgelegten Lastpunkten des Geigerschen Schaubildes eingetragen und die Zwischenlasten in Abständen gleichmäßiger Verteilung nach Maßgabe des Okhuizenschaubildes eingezeichnet wurden. Irgend welche Möglichkeiten des Voreilens der Last vor der Formänderung blieben dabei also unberücksichtigt. Damit bleibt natürlich die Unregelmäßigkeit der Streifengeschwindigkeit beim Okhuizen unberührt, allein es erschien dieser Weg immerhin einwandfreier, als das ganze Okhuizenschaubild auch durch Verschiebung der Zwischenlastpunkte zu entstellen.

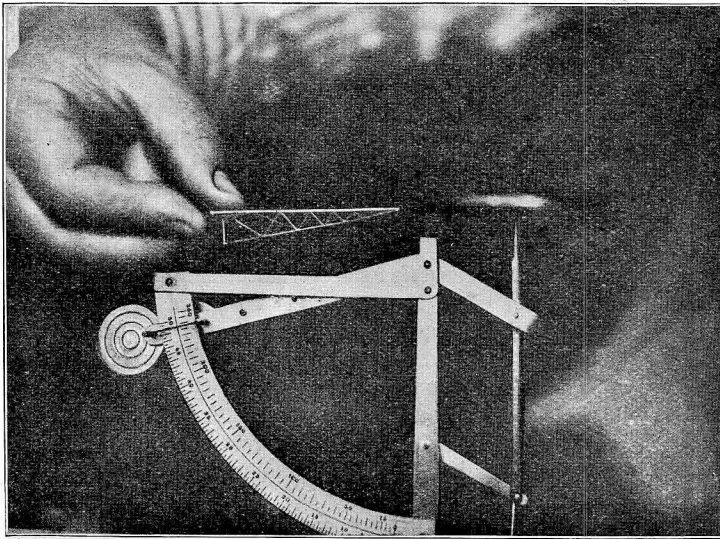
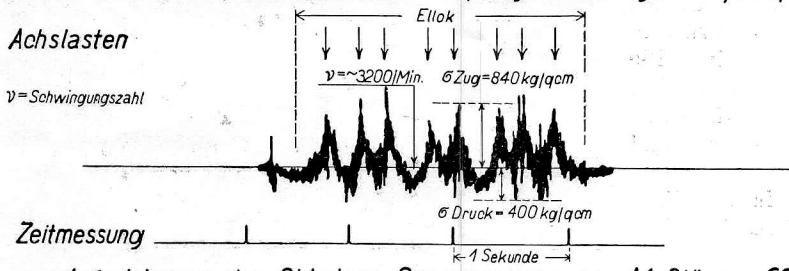


Abb. 4. Schreibhebel des Geigerschen Meßgeräts drückt mit seiner Spitze auf eine Briefwaage und hält ohne Durchbiegung eine Belastung von 240 g aus.

Man erkennt, daß sich die beiden Bilderpaare bei diesen geringeren und mittleren Geschwindigkeiten in großen Zügen noch ziemlich gleichen. Das Okhuizenschaubild hat glattere Linien, während das Geigersche mit der Geschwindigkeit zunehmend hier schon durchlaufend die Überlagerung kleiner Oberschwingungen erkennen läßt. Abb. 5 a des Geiger ist mit einer zu geringen Papierstreifengeschwindigkeit aufgenommen, weshalb die Schwingungsaufzeichnung ineinander fließt.

Die bei weiteren Zwischengeschwindigkeiten aufgenommenen Bilder möchten hier übergangen werden. Als Schlufsbild soll gleich Abb. 7 a und 7 b bei 90 km/Std. Geschwindigkeit vorgeführt werden. Die beiden Bilder des Okhuizens und Geiger sind hier von Grund aus verschieden und überhaupt nicht mehr zu vergleichen. Während Okhuizen

Aufzeichnung des Dr. Geiger Spannungsmessers. Papiergeschwindigkeit = 0,95 m/Min., Meßlänge = 197 mm.



Aufzeichnung des Okhuizens Spannungsmessers. Meßlänge = 60 mm.

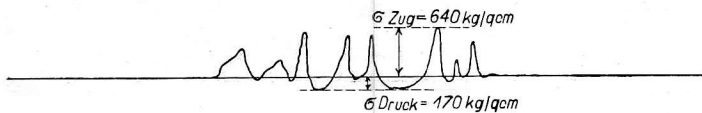
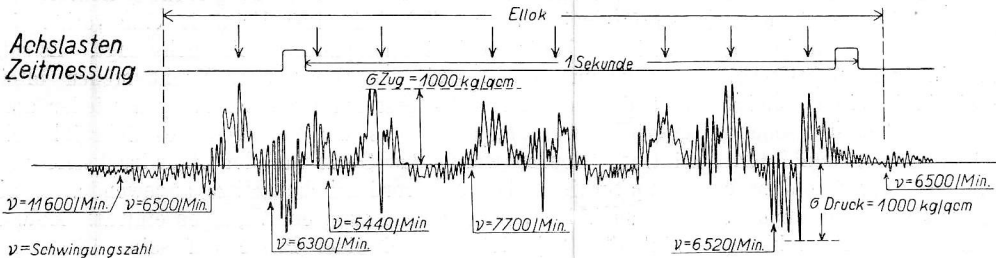


Abb. 5 a und 5 b. Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger und Okhuizen, umgezeichnet auf gleiche Länge und gleichen Spannungsmaßstab. Zugzusammensetzung: Ellok allein, Geschwindigkeit 22 km/Std. Fahrtrichtung Freising—München.

Aufzeichnung des Dr. Geiger Spannungsmessers. Papiergeschwindigkeit = 13,0 m/Min., Meßlänge = 197 mm.



Aufzeichnung des Okhuizens Spannungsmessers. Meßlänge = 60 mm.

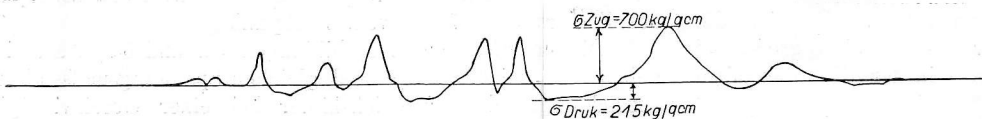


Abb. 6 a und 6 b. Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger und Okhuizen, umgezeichnet auf die gleiche Länge und den gleichen Spannungsmaßstab. Zugzusammensetzung: Ellok allein, Geschwindigkeit 48,5 km/Std. Fahrtrichtung Freising—München.

nach wie vor in glatten Linien zeichnet und die einzelnen Lasten noch deutlich erkennen läßt, ergibt sich beim Geiger ein Gewirr von Überlagerungen und Oberschwingungen, die die einzelnen Lastpunkte unkenntlich machen würden, wenn nicht beim richtigen Arbeiten der dem Geigerschen Gerät eigenen Zeitmarkierung das Bestimmen der Lastpunkte annähernd ermöglicht würde. An dem Geigerschen Schaubild kann die zur Beurteilung der Zuverlässigkeit der Aufzeichnung und der Ursachen der dynamischen Erscheinungen maßgebende minutliche Schwingungszahl festgestellt werden. Ein Vergleich der beiden Schaubilder nach Okhuizen und Dr. Geiger gibt uns eine Ahnung, was das dynamisch nicht eingestellte Okhuizenmeßgerät alles »verschweigt«. Es scheint wenig mehr als die statischen Spannungen wiederzugeben und

auf die Schwingungen wenig oder garnicht anzusprechen. Dabei ist noch hervorzuheben, das beim Okhuizen bei dynamischen Messungen der Einfluss der Bleistiftreibung wie auch der Anpressungsdruck in den Gelenken seinen Einfluss üben muß. Der verwendete, aus einer elektrischen Lokomotive, einem Pack-, einem Salon- und einem Heizwagen bestehende Lastenzug ist in Abb. 8 ersichtlich gemacht. Bei den Versuchen Abb. 5 a und 5 b, 6 a und 6 b ist nur die elektrische Lokomotive ohne Anhang verwendet worden.

sollte daher im wesentlichen Zugspannungen erwarten. Das ist auch bei geringen Geschwindigkeiten der Fall, ändert sich aber überraschenderweise mit zunehmenden Geschwindigkeiten immer mehr zugunsten von Druckspannungen und zwar in ungleichem Mafe beim Okhuizen und Dr. Geiger, bei welch' letzterem die Druckspannungen weit größer werden als bei ersterem. Es ist nachstehend die nach dieser Richtung aufgestellte Tabelle der Grdruck- und -zugwerte σ_D und σ_Z beider Meßgeräte bei allen Freisinger Versuchen wiedergegeben.

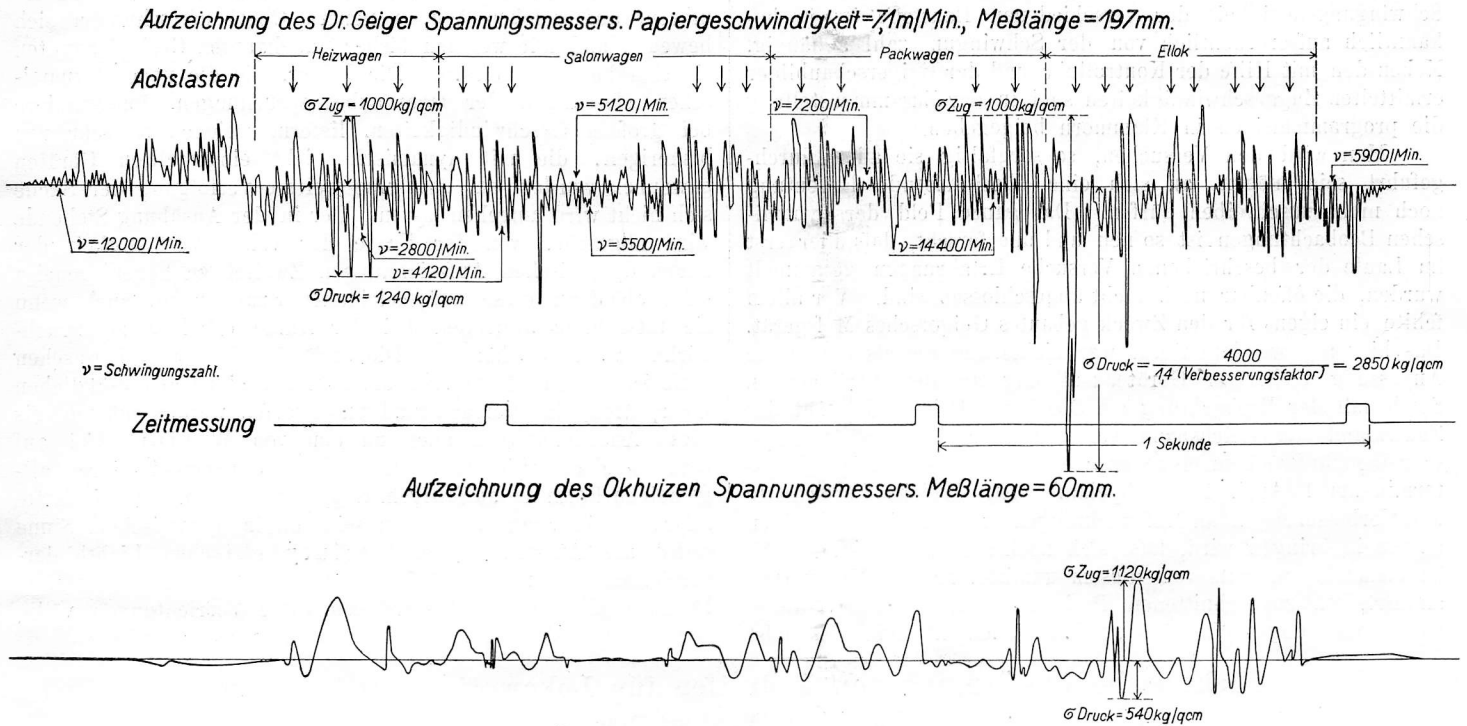


Abb. 7a und 7b. Schaubild der Spannungsmessungen nach Dr. Geiger und Okhuizen umgezeichnet auf gleiche Länge und gleichen Spannungsmaßstab. Zugzusammensetzung: Ellok., Packwagen, Salonwagen, Heizwagen. Zuggeschwindigkeit 90 km/Std. Fahrtrichtung: München-Freising.

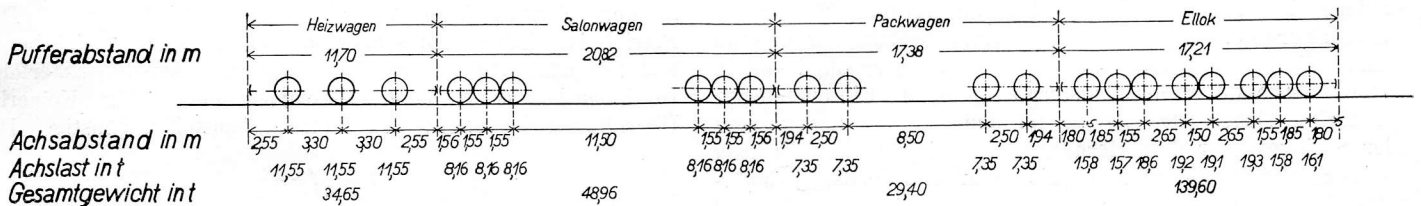


Abb. 8. Lastenzug.

Bei großen Geschwindigkeiten tritt beim Geigerschen Schaubild, das zum Unterschied vom Okhuizen auch die Schwingungen großer Häufigkeit aufzeichnet, die Wirkung der Lasten selbst fast völlig zurück. Es scheint damit auch am Eisenbahnoberbau das hervorzutreten, worauf bei Brücken in ausländischem Schrifttum*) schon aufmerksam gemacht worden ist, das nämlich Überlagerung der Gegenwirkungen des Oberbaues über die Lastwirkungen durch eine Erscheinung eintritt, die als »Phasenverschiebung« bezeichnet wird. Damit tritt in die Auffassung dynamischer Erscheinungen an Trägern an erste Stelle der Träger selbst und nicht die Last. An Fachwerkbrcken können die möglichen Wege und Aufenthalte der Gegenwirkungen in Knotenpunkten usw. einigermaßen klar verfolgt werden. Das Gleiche ist am Oberbau nicht der Fall. Gleichwohl scheint auch hier die Erscheinung der Phasenverschiebung zur Verwischung der Lastwirkungen zu führen.

Die Meßgeräte sind am Schienenfus angebracht und man

*) Ein aus russischen Quellen geschpfter Bericht dürfte demnächst in „Der Bauingenieur“ erscheinen.

Messung	Geschwindigkeit km/Std.	Okhuizen		Dr. Geiger	
		σ_D kg/cm ²	σ_Z kg/cm ²	σ_D kg/cm ²	σ_Z kg/cm ²
I	14,8 (15)	versagt		200	700
II	13,7 (15)	versagt		200	700
III	22 (30)	170	640	400	840
IV	37 (30)	160	625	860	800
V	45 (48,5)	215	700	1000	1000
VI	45 (48,5)	versagt		715	880
VII	60 (62)	230	800	1500	860
VIII	60 (61)	265	900	1430	960
IX	90 (90)	530	680	2070 (?)	1030
X	90 (90)	540	1120	2850 (?)	1000

Bei Geiger wird bei ganz großen Geschwindigkeiten die Erscheinung so auffällig, das es zweckmäßig schien, den Vorbehalt weiterer Verfolgung der Sache durch Anfügung von Frage-

zeichen anzudeuten. Jedenfalls sind diese Werte vorerst mit einer gewissen Vorsicht zu betrachten, wie denn bei der Neuheit des ganzen Gebietes der dynamischen Spannungsmessungen an sich, zumal in der Anwendung auf Eisenbahnoberbau, die Verlässlichkeit der absoluten Höchstwerte nicht zu sehr in den Vordergrund gerückt werden möchte. Wichtiger erscheint es zunächst, den ganzen Verlauf der Spannungsbilder zur vollständigen Klarstellung der Ursachen der dynamischen Erscheinungen festzustellen und sich insbesondere über die Höhe der Schwingungszahlen ein richtiges Bild zu verschaffen. Die Schwingungsfestigkeit der verschiedenen Baustoffe ist ja bekanntlich außerordentlich von der Schwingungszahl abhängig. Neben den mit Hilfe der Kontrolluhr und der Geigerschaubilder ermittelten Zuggeschwindigkeiten sind in der Zusammenstellung die programmäßigen in Klammern beigegeben.

Man wird den Versuchen, so sorgfältig sie auch durchgeführt sein mögen, an sich eine abschließende Bedeutung noch nicht zuschreiben dürfen. Das ganze Feld der dynamischen Beobachtungen ist so neu und unerforscht, daß hier erst im Laufe der beschriebenen Versuche Erfahrungen gesammelt wurden, die offenbar noch nicht abgeschlossen sind. Vor allem fehlte ein eigens für den Zweck gebautes Geigersches Meßgerät. Das hier angewendete Gerät war nichts anderes als eine erste Anpassung bisheriger Geräteausbildung an den vorliegenden Sonderfall der Beobachtung am Oberbau. Bekanntlich hat das Zentralamt der Reichsbahn vor geraumer Zeit ein Preisausschreiben für Brückenmeßwerkzeuge erlassen, dessen Einreichungstermin am 1. April 1926 abgelaufen ist. Welche Fortschritte und Verbesserungen an Meßwerkzeugen dieses Preisausschreiben allgemein bringen wird, läßt sich noch nicht voraussagen. Es ist anzunehmen, daß von diesem unmittelbar auf Messungen an Brücken zugeschnittenen Preisausschreiben auch künftige Oberbaumessungen Vorteile werden ziehen können. Es läßt

sich noch nicht voraussagen, ob nicht eine Anpassung der für Brückenmessungen gewonnenen dynamischen Meßwerkzeuge an die Sonderverhältnisse des Eisenbahnoberbaues noch besonders wird herbeigeführt werden müssen. Vermutlich wird z. B. ein Dr. Geigersches Sondermeßgerät für Oberbaumessungen sich in wesentlich leichterem Gewicht ausführen lassen als die bisherige, zunächst auf Brückenmessungen zugeschnittene Form. Das wird auch wieder günstig auf die Höhe der Eigenschwingungshäufigkeit einwirken.

Es mag für die Oberbaufachwelt von Wert sein, zu erfahren, auf welchen Wegen neuere Oberbauforschungen sich bewegen und mit welchen bisher unbekanntem Gesichtspunkten sie sich befassen müssen. Die Bilder, die die neuen dynamischen Messungen der Oberbaubeanspruchungen, insbesondere bei großen Geschwindigkeiten, liefern, weichen so sehr von bisherigen, die mit dynamisch nicht eingestellten Geräten gewonnen wurden, ab, daß eine weitere Verfolgung der Sache sich nicht wird umgehen lassen. Der in der Ausübung Stehende wird abgesehen von der Frage der vollen Verlässlichkeit der neuen dynamischen Aufzeichnungen Zweifel zu hegen geneigt sein, ob denn diese aufgezeichneten Spannungen, auch wenn sie tatsächlich auftreten, bei der Kürze der Zeit zu Bruchwirkungen führen können. Die Verlässlichkeit der Geigerschen Aufzeichnungen dürfte man um so mehr einer grundsätzlichen Überprüfung im Versuchstand unterworfen werden müssen, als diese Aufzeichnungen auch zu den von Wasiutyński auf dem Weg des Lichtbildverfahrens gewonnenen in ihrer allgemeinen Form in auffälligem Gegensatz stehen. Dabei dürfte allerdings in Frage zu stellen sein, ob in dynamischem Sinne selbst die Aufstellung der Wasiutyńskischen Lichtbildvorrichtungen auf metertiefen Grundstützen bei der bekannten Fernwirkung der Erschütterungen diese Vorrichtungen völlig vor Eigenschwingungen gesichert haben mag.

Elektrische Erwärmung von Radreifen für Lokomotiven und Wagen.

Von Dipl.-Ing. Winfried Draeger.

Die einer starken Abnutzung unterliegenden Radreifen der Lokomotiven und Wagen müssen von Zeit zu Zeit bei der Ausbesserung der Fahrzeuge in den Eisenbahnwerken erneuert werden. Die neuen Reifen mit 900 bis 2000 mm Laufkreisdurchmesser werden um das sogenannte Schrumpfmäß, etwa 1 mm auf 1000 mm Durchmesser, kleiner ausgebohrt und in warmem Zustande auf den Radstern aufgezogen. Ein eingelegter Sprengring sichert den Reifen für den Fall des Losewerdens oder Springens vor dem Herunterfallen. Das verhältnismäßige große Schrumpfmäß erfordert eine sehr gleichmäßige Erwärmung des Reifens, damit er auch in gedehntem Zustande rund bleibt. Es genügt dann, die Temperatur auf 150 bis 200° C zu bringen, während bei ungleichmäßiger Erwärmung bedeutend stärker erhitzt werden muß, um an der engsten Stelle den erforderlichen Durchmesser zu bekommen.

Die Erwärmung der Radreifen in den älteren Eisenbahnwerken und privaten Radsatzwerkstätten erfolgt im allgemeinen durch Gasflammen, die auf den Umfang des Reifens möglichst gleichmäßig verteilt werden. Der Reifen ruht dabei auf einer Unterlage aus feuerfestem Stoff. Hat er den erforderlichen großen Durchmesser angenommen, so wird sofort nach Beseitigung der Brenner die Achse mit dem Radstern hineingesetzt. Statt der Gasbrenner sind auch stellenweise Ölbrenner in Benutzung. Die Gas- und Ölbeheizung hat den Nachteil, daß nur ein geringer Betrag der Wärme tatsächlich an den Reifen abgegeben wird. In der Hauptsache tritt die Wärme in den umgebenden Raum und bewirkt eine unangenehme Temperaturerhöhung. Die Ölbrenner führen außerdem zu einer starken Rauch- und Geruchsbelästigung. Die ungünstige Wirkung der hohen Flammentemperatur auf den Radreifenbaustoff wird weiter unten besprochen.

Schon vor einiger Zeit ging man in der Schweiz dazu über, die Erwärmung der Radreifen auf elektrischem Wege auszuführen. Die Vorteile der elektrischen Erwärmung liegen in dem Fortfall jeder Wärme- und Rauchbelästigung. Der Betrieb ist einfach und sauber, die Anlage stets betriebsbereit und fast ohne Abnutzung. Die Erwärmung des Reifens erfolgt von innen heraus und daher vollkommen gleichmäßig. Keinerlei Überhitzung beeinflusst den Radreifenbaustoff ungünstig. Die

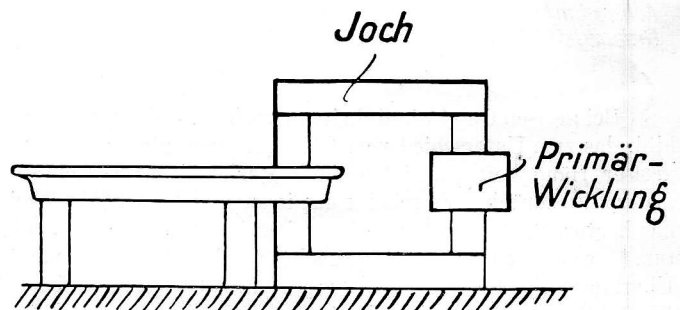


Abb. 1.

zu erreichende Temperatur läßt sich durch Abgrenzung von Zeit und Strom genau einhalten.

Die von den beiden Schweizer Firmen Örlikon und Sécheron ausgeführten elektrischen Radreifenanwärmeverrichtungen arbeiten nach dem Verfahren der induktiven, also mittelbaren Stromzuführung. Der den Radreifen durchfließende und ihn erwärmende Strom wird allein durch Induktion in dem eine geschlossene Wicklung bildenden Reifen erzeugt (Abb. 1). Das obere Joch des Magnetkörpers ist beweglich eingerichtet, und zwar

kann es bei der Bauart Örlikon um den einen Schenkel gedreht, bei der Bauart Sécheron durch eine Parallelführung nach hinten verschoben werden. Der Radreifen wird über einen der beiden Schenkel hinübergeschoben und durch Auflegen des Joches der magnetische Kraftlinienschluss wieder hergestellt.

Die Bauart der elektrischen Radreifenwärmer mit mittelbarer Stromzuführung ist an sich einfach, doch haften ihr eine Anzahl erheblicher Nachteile an. Da der Anschluss dieser Radreifenwärmer nämlich einphasig erfolgen muß, tritt bei größeren Leistungen eine sehr ungünstige Belastung der einen Phase des Drehstromnetzes ein. Die Leistungsaufnahme wird daher im allgemeinen nicht über 60 kVA gesteigert. Damit erhöht sich aber wieder bei größeren Radreifen die Erwärmungszeit bedeutend. Bei diesen Bauarten ist es ferner notwendig, den Radreifen nach der Erwärmung und nach Beseitigung des oberen Joches zunächst von der Vorrichtung herunter zu heben und ihn auf eine besondere Unterlage zu legen, damit der Radstern eingesetzt werden kann. In der für das Umsetzen erforderlichen Zeit verliert der Radreifen aber bereits wieder einen Teil seiner Wärme.

Mit der Ausdehnung der Grobkraftversorgung und der Verbilligung der Strompreise ging man auch in Deutschland immer mehr zur Anwendung elektrischer Erwärmungsvorrichtungen über. Einige Betriebe verwendeten auch schon frühzeitig die Schweizer Bauarten zur elektrischen Erwärmung von Radreifen.

Zur Vermeidung der Nachteile, die den elektrischen Radreifenwärmer mit mittelbarer Stromzuführung anhaften, wurde vom Verfasser nachstehend beschriebene Radreifenanwärmeverrichtung*) entworfen. Dabei wurde von der rein induktiven Erwärmung abgegangen und unmittelbar niedergespannter Strom aus einem besonderen Transformator dem Radreifen zugeführt. Wenn auch dieses Verfahren in der Erwärmungstechnik in größtem Umfange angewandt wird, so war doch seine Übertragung auf die Radreifenanwärmung erst nach Überwindung verschiedener Schwierigkeiten möglich. Die Vorrichtung hat sich vom ersten Tage an bewährt und ist im Eisenbahnwerk Brandenburg-West seit über einem Jahr in Betrieb. Die Anlage wurde angelegt für eine größte Drehstromleistung von 170 kVA, entsprechend der Erwärmung eines Radreifen von etwa 2000 mm Durchmesser auf 170 bis 180° C in 25 Minuten.

Abb. 2 zeigt eine Ansicht der Anlage. Aus einem Drehstromtransformator wird dem Radreifen an drei um 120° versetzten Stellen Strom geringer Spannung zugeführt. Der Transformator ist primär mit Anzapfungen versehen, so daß die Belastung beliebig eingestellt werden kann. Da zur Erleichterung des Einsetzens des Radsternes der Radreifen zweckmäßig dicht über dem Erdboden liegt, befindet sich der Transformator in einer Grube, die mit Bohlen abgedeckt ist.

Der Drehstrom-Öltransformator besitzt sechs Anzapfungen je Phase, die zu dem an der Wand stehenden Schaltgerüst geführt sind. Mittelst des Stufenschalters kann das Übersetzungsverhältnis von 1:70 bis 1:45 geändert werden. Die im Dreieck geschalteten Sekundärwicklungen mit je einer Windung sind mittelst beweglicher Verbindungen an die drei aufsteigenden Kupferschienen angeschlossen, die mit den wagrecht angeordneten Elektroden in Verbindung stehen. Um bei längerem Betriebe eine zu starke Erwärmung der Elektroden durch Wärmeübergang zu vermeiden, sind sie mit Wasserkühlung versehen.

Bei den bekannten Erwärmungsvorrichtungen mit unmittelbarem Stromübergang wird eine gute Berührung stets dadurch erreicht, daß die Klemmbacken durch starken Schraubendruck fest auf das Werkstück gepreßt werden. Außerdem handelt es sich in den meisten Fällen um nur zwei Einspannstellen, die stets in einer Ebene liegen. In vor-

liegendem Falle dagegen mußte gefordert werden, daß drei starre Berührungsstellen mit einem nicht ganz ebenen Werkstück bei nur geringem Anpressungsdruck, entsprechend dem Eigengewicht des Radreifens, einen zuverlässigen Stromübergang vermitteln. Eine örtliche Überhitzung durch zu hohen Übergangswiderstand würde zum Krummwerden des Reifens führen und muß unter allen Umständen vermieden werden. Diese Bedingung wird dadurch erfüllt, daß ein Bleiblech von etwa 2 mm Stärke zwischen die Kontaktstellen gelegt wird. Dieses füllt infolge seiner Nachgiebigkeit alle Unebenheiten aus und führt einen guten Stromübergang herbei. Der Radreifen wird vor dem Auflegen an den Berührungsstellen durch Abschmirgeln mittelst Handschleifapparat von seiner Walzhaut befreit. Sollte noch an irgend einer Berührungsstelle die Stromdichte zu hoch werden, so wird das Blei weich und die Auflagerfläche vergrößert sich selbsttätig. Da die Stromzuführungen gekühlt sind, tritt selbst bei Erhitzung des Radreifens auf 300° C ein Schmelzen der Bleiplatten nicht ein. Erst diese einfache Lösung ermöglichte es, mit der unmittelbaren Erwärmung einen brauchbaren Betrieb bei großen Leistungen durchzuführen.

Die Erhitzung des Radreifens erfolgt auch bei unmittelbarer

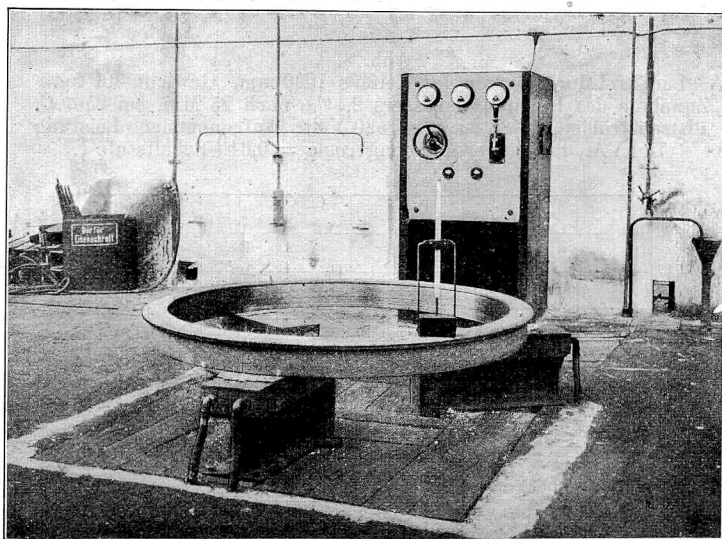


Abb. 2. Ansicht der Anlage.

Stromzuführung von innen heraus, so daß eine vollständig gleichmäßige Ausdehnung eintritt. Durch die Anwendung der Drehstromerwärmung kann die Belastung beliebig hoch genommen werden, ohne daß das Netz irgend wie Schaden darunter leidet. Da eine Festspannung des Radreifens nicht notwendig ist, bleibt der Innenraum frei und der Radstern kann sofort nach beendeter Erwärmung hineingesetzt werden, ohne daß zuvor der Radreifen umgelegt zu werden braucht.

Um Wirbelstrombildung zu verhindern, sind alle Eisenkonstruktionsteile durch isolierende Zwischenlagen elektrisch und magnetisch voneinander getrennt. Der Rahmen aus Walzeisen, auf dem die Elektroden unter Vermittlung ölgetränkter Hartholzunterlagen aufliegen, kann zum Herausnehmen des Transformators nach Lösen einiger Schrauben aus der Grube entfernt werden.

Wie schon vorstehend erwähnt, läßt die unmittelbare Stromerwärmung eine sehr erhebliche Leistungssteigerung zu. Die folgenden Schaubilder (Abb. 3 und 4) zeigen die Erwärmung von Radreifen verschiedener Innendurchmesser. Man sieht, daß gerade bei großen Reifendurchmessern infolge erhöhter Leistungsaufnahme die Anwärmzeit erheblich herabgesetzt werden kann. Ein Radreifen von 1750 mm Durchmesser und 600 kg Gewicht wird zum Beispiel auf Stufe 5 in 25 Min. auf 200° C erwärmt.

*) D. R. P. angemeldet.

Es werden dazu 28 kWh verbraucht, die Ausdehnung beträgt dann 2,44 ‰, die Leistungsaufnahme 140 kVA und die Phasenverschiebung $\cos \varphi = 0,48$.

Die Abb. 3 und 4 stellen keine Höchstleistungen dar, sondern sind bei Belastungen aufgenommen, wie sie der Betrieb gewöhnlich anwendet. Der Wirkungsgrad der ganzen Erwärmungsanlage läßt sich auch noch dadurch verbessern, daß der Reifen während der Erwärmung durch isolierende Hauben gegen Ausstrahlung geschützt wird.

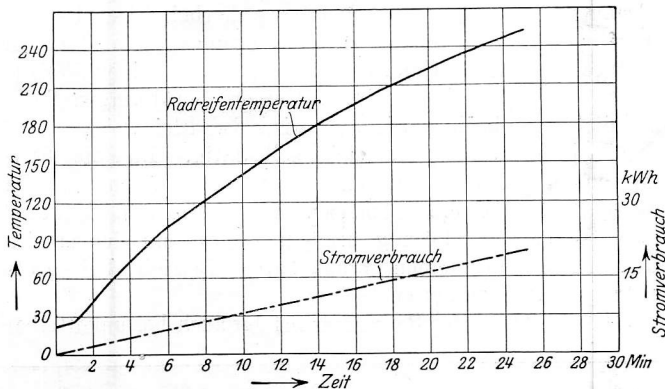


Abb. 3.

Laufkreisdurchmesser des Reifens 1000 mm. Gewicht 300 kg. Zunahme des Innendurchmessers 2,1 ‰ nach 25 Min. bei 250 °C. Phasenstromstärke 82 Amp. bei 530 Volt. Aufgenommene Leistung 75 kVA. Phasenverschiebung $\cos \varphi = 0,64$. Schaltstufe 1.

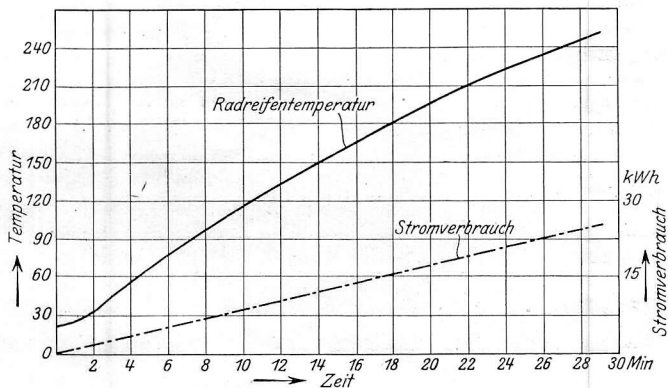


Abb. 4.

Laufkreisdurchmesser des Reifens 1350 mm. Gewicht 400 kg. Zunahme des Innendurchmessers 2,5 ‰ nach 28 Min. bei 250 °C. Phasenstromstärke 99 Amp. bei 530 Volt. Aufgenommene Leistung 91 kVA. Phasenverschiebung $\cos \varphi = 0,57$. Schaltstufe 3.

Da bei elektrischer Erwärmung die Temperatur im Innern des Baustoffes höher ist als außen, wurde der Versuchsreifen mit einer Bohrung versehen und in diese das Thermometer eingeführt. Das in Abb. 2 gezeigte Aufsetzthermometer dient nur dazu, den durch Versuche ermittelten oberen Grenzwert anzugeben. Eine absolute Messung ist auf diesem Wege nicht möglich.

Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der elektrischen Radreifenerwärmung sind in erster Linie die ganz erheblichen allgemeinen Vorteile gegenüber der Feuererwärmung zu berücksichtigen, die sich nicht so ohne weiteres in Mark und Pfennigen ausdrücken lassen. Die Stromkosten spielen demgegenüber eine untergeordnete Rolle. Die Vorzüge, wie vollkommen gleichmäßige Erwärmung, Vermeidung örtlicher Überhitzung und Veränderung des Baustoffes durch Einwirkung der Flamme, beste Wärmeausnutzung, keine Belästigung des Personals durch heiße Gase, Geruch und Geräusch, einfache Bedienung, sind so groß, daß die elektrische Radreifenerwärmung unter allen Umständen gewinnbringend ist. Insbesondere im Hinblick auf die neuen hochwertigen Reifenbaustoffe, die eine gleichmäßige Wärmebehandlung verlangen, wird die elektrische Erwärmung stets überlegen bleiben.

Dafs selbst bei den hohen Zinssätzen, wie sie heute noch überall bestehen, die elektrische Erwärmung mit unmittelbarer Stromzuführung auch zahlenmäÙig noch recht günstig gegenüber der Erwärmung mit Gas und Öl abschneidet, soll an folgender Zusammenstellung gezeigt werden. Dabei sind die Zinsen für den Mehrbedarf an Anlagekapital für die elektrische Einrichtung mit 7 ‰ angenommen. Für die Rücklagen sind 1 ‰ eingesetzt. Als tägliche Durchschnittsleistung ist die Erwärmung von vier Radreifen von 1350 mm Durchmesser zugrunde gelegt. Die Instandhaltungskosten sind in allen Fällen als gleich vorausgesetzt. Es wurde mit einem Kraftstrompreis von 8 Pf./kWh gerechnet, der wohl in den meisten Fällen erreichbar sein dürfte.

Mehranlagekosten einer elektrischen Radreifenanwärmevorrichtung für Drehstromanschluß und 170 kVA Dauerleistung 7000,— M, Verzinsung und Rücklagen 8 ‰ 560,— M. Erwärmt werden in einem Jahr $51 \times 6 \times 4 = 1220$ Radreifen. Es entfallen demnach auf einen Radreifen 0,46 M Zinsen und Rücklagen.

Kosten der Erwärmung eines Radreifens von 1350 mm Durchmesser. Vergleichstemperatur 150 °C.

Art der Erwärmung	Stoffverbrauch	Einheitspreis	Stoffkosten der Erwärmung	Gesamtkosten der Erwärmung
elektrisch	12 kWh	0,08 M/kWh	0,96 M	1,42 M (einschl. Verz. u. Rückl.)
mit Gas	8 m³	0,19 M/m³	1,52 M	1,52 M
mit Öl	9 kg	0,13 M/kg	1,17 M	1,17 M

Die Erwärmung durch Ölmuffelfeuer erscheint zwar sehr wirtschaftlich, doch ist dabei zu berücksichtigen, daß der Reifenbaustoff durch die hohen Temperaturunterschiede zwischen den von der Flamme unmittelbar getroffenen und den übrigen Teilen sehr ungünstig beeinflusst wird. Bei einem Versuch, der mit zwei Muffelfeuern durchgeführt wurde, zeigte es sich, daß nach einer Erwärmung von 11 Min. der von der Flamme getroffene Teil 250 °C, der Reifenteil zwischen den Brennern 105 °C zeigte, beidemal im Inneren des Baustoffes gemessen. Der Reifen war dabei um 1,4 mm unrund geworden.

Bericht über die Fortschritte des Eisenbahnwesens.

Allgemeines.

Betriebswissenschaftliche Ziele im Eisenbahnwesen.

Professor Dr. Ing. Wilh. Müller, Dresden, Festvortrag zur Feier des Stiftungsfestes der technischen Hochschule Dresden, „Bauingenieur“ 1925, Heft 18.

Für die Zugförderung sei eine wirtschaftliche und technische Höchstleistung durch ein geschicktes Zusammenfassen der gemeinsamen Verkehrsbeziehungen unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der berührten Verschiebehöfe anzustreben, für die Zug-

bildung eine möglichst wirtschaftliche Gestaltung der Anlagen und des Betriebes der Verschiebehöfe sowie der Umschlaganlagen.

Der tägliche Reiseweg eines Wagens beträgt nach Dr. Ing. Kümmerl durchschnittlich 50 km. Umlaufdauer eines Wagens von der Beladung bis zur Wiederbeladung 5,5 Tage.

Von diesen 5,5 Tagen = 132 Stunden entfallen

- auf Fahrt für Reisezeit und Aufenthalt auf Lokomotiv-Wechselstationen 22 ‰

24
55
120

- 2. auf Übergang von Zug zu Zug auf den Verschiebebahnhöfen 140/0
 - 3. auf Zustellung und Abholung vom Zug zur Ladestelle 340/0
 - 4. auf Be- und Entladen 300/0
- (bei 3. und 4. ist der hohe Prozentsatz durch die Nachtruhe mit veranlaßt).

Zu 1. Eine Verkürzung des Wagenumlaufes kann erfolgen durch Erhöhung der Grundgeschwindigkeit der luftgebremsten Güterzüge von 30 auf 40 km.

Die Dichtigkeitsprobe beim Eingang und Auslauf von den Verschiebebahnhöfen nehmen aber 25 bis 35 Minuten wieder weg, die Züge bleiben also eine Stunde länger im Verschiebebahnhof als die handgebremsten Züge und hierdurch wird die durch schnelleres Fahren erzielte Beschleunigung des Wagenumlaufes wieder eingeschränkt.

Der wirtschaftliche Vorteil der luftgebremsten Güterzüge wird von Dr. Müller als gering eingeschätzt, da auch die Personalerparnis nur 1,1 Kopf auf einen Güterzug beträgt.

Ein weiteres Mittel zur Verkürzung der Umlaufzeit ist durch den 50 t-Wagen gegeben (Verkürzung der Ent- und Beladezeit und der Rangierarbeit).

Da aber geschlossene Pendelzüge (gleichartiges Massengut) selten von einer Versandstelle an eine Empfangsstelle möglich sind, so ist hierdurch eine erhebliche Beeinflussung des Güterverkehrs nicht zu erwarten, dafür wird aber ein Umbau der Brücken und des Oberbaues nötig.

Zu 2. Bei den Vorschlägen zur Beschleunigung des Umlaufes auf den Verschiebebahnhöfen führt Dr. Müller aus:

Die Gefällsbahnhöfe gestatten eine schnellere und billigere Zugbildung und sind da am Platze, wo es sich darum handelt, für eine feingegliederte Industrie die Züge eingehend geordnet zusammenzustellen.

Die Flachbahnhöfe sind dagegen für das Zerlegen der Züge vorzuziehen und wirtschaftlicher.

Die Vorteile der beiden Bahnhofarten können jetzt nach Erfindung der ferngesteuerten Gleisbremse vereinigt werden. Flachbahnhöfe — nur für solche kommt vorläufig die ferngesteuerte Gleisbremse in Betracht (siehe auch Organ 1925, Heft 14) — mit solchen Bremsen erfüllen diesen Zweck

- 1. durch Steigerung der Leistungsfähigkeit der Ablaufanlage,
- 2. durch Ersparnis des größten Teiles der Hemmschuhleger,
- 3. durch eine bedeutende Verringerung der Wagenreparaturkosten.

Lokomotiven und Wagen.

1E2-2h Lokomotiven der Texas- und Pacific-Bahn.

Nachdem die Lima-Locomotive-Works im Sommer 1925 eine 1D2-Lokomotive für die Boston- und Albany-Bahn herausgebracht haben, ist nunmehr von diesen Werken auch eine 1E2-Lokomotive gebaut worden und zwar für die Texas- und Pacific-Bahn.

Die Anwendung des hinteren Drehgestelles bezweckt vor allem die Möglichkeit der bequemen Ausbildung einer reichlich bemessenen Feuerbüchse. Die neue 1E2-Lokomotive weist im übrigen die gleichen Züge wie die 1D2-Lokomotive auf. Der Hauptrahmen hört vor der Feuerbüchse auf; das hintere, mit Zusatzmaschine versehene Drehgestell, auf welchem der Stehkessel ruht, ist ein besonderes Fahrzeug, das vorn an den Rahmen und an das hinten der Tender angekuppelt ist.

Der in 184 Rohren von 89 mm Außen-Durchmesser eingebaute Kleinrohrüberhitzer liefert Heißdampf auch für sämtliche Hilfseinrichtungen, wie Speisewasserpumpe, Luftpumpe, Bläser usw.

Die Feuerbüchse besitzt eine 1067 mm lange Verbrennungskammer und zwei Nicholsonsche Wasserkammern, die letztere beide allein schon 9,1 m² Heizfläche geben, so daß die unmittelbare Heizfläche den hohen Wert von 44 m² erreicht.

Gefeuert wird mit Öl, so daß der sechsachsige Tender aufser 53 m³ Wasser 10 m³ Öl führt. Die Baker-Pilliod-Steuerung gewährt als größte Füllung nur 60 bis 63 v. H. Die Schieberspiegel besitzen jedoch Füllschlitze, die beim Anfahren selbsttätig größere Füllungen gewähren; der Dampfdurchlaß bei höherer Geschwindigkeit wird bedeutungslos.

Die teilweise recht beachtlichen Hauptabmessungen sind folgende:

Triebwerk	736/813/1600 mm
Fester Achsstand	5029 "
Gesamter Achsstand	14224 "
Dampfdruck	17,6 at

Neben der ferngesteuerten Gleisbremse wird eine richtige Ausgestaltung der Ablaufgleise auf Grund graphodynamischer Untersuchungen, die von Prof. Müller zuerst angewendet wurden, das Rangiergeschäft weiter abkürzen und dadurch den Wagenumlauf beschleunigen können.

Prof. Müller weist aber allgemein darauf hin, daß die Zahl der Rangierbahnhöfe zweifellos zugunsten einiger weniger wirklich leistungsfähiger Groß-Rangierbahnhöfe wesentlich verringert werden könnte, wenn das ganze Gebiet der Zugbildung einmal gründlich kritisch untersucht werden würde.

Solche Untersuchungen sind für das Ruhrgebiet bereits gemacht worden (siehe Bahnbau 1925, Heft 40/41), das Ergebnis ist aber noch nicht veröffentlicht.

Zu 3. und 4. Ein Mittel, die Zeit für die Zustellung und Abholung der Wagen zwischen Zug und Ladestelle, sowie für das Laden und Entladen selbst zu kürzen, erblickt Dr. Müller darin, daß

- 1. der Nahgüterverkehr — soweit er nicht mehr wirtschaftlich für die Eisenbahn ist — dem Kraftwagenverkehr überlassen wird,
- 2. die am Umschlag beteiligten Unternehmungen die Umladearbeit möglichst beschleunigen — auch durch weitgehende Mechanisierung der Arbeit.

Die Wirkung all dieser Maßnahmen kann nach Dr. Müller nur bei gleichzeitiger scharfer Kontrolle des Wagenumlaufes aus der Kenntnis der Selbstkosten heraus beurteilt werden. Daher bleibt es eine wichtige, wenn auch schwierige Aufgabe diese Selbstkosten durch weitere Forscherarbeit zu ermitteln.

Hierzu ist kritisch zu bemerken, daß die Untersuchung zu Ziffer 1 ein negatives Ergebnis darstellt, die Untersuchung zu Ziffer 2 problematisch erscheint und erst durch die Praxis bestätigt werden muß. Was Ziffer 3 und 4 anlangt, so ist eines sicher, daß der Nahverkehr nicht mehr den Kraftwagen überlassen zu werden braucht, weil diese diesen Verkehr schon mühelos an sich gezogen haben, andererseits bietet es erfahrungsgemäß die größte Schwierigkeit, die Unternehmungen zu einer rascheren Ent- oder Beladung zu bringen — was gleichbedeutend mit einer Kürzung der Ladefristen wäre. Wenn dies möglich wäre, so würde man wohl schon längst diese Frist zwangsweise gekürzt haben.

So schwierig nun auch im Einzelnen ein Fortschritt erzielt oder erkämpft werden kann, so darf doch aus der klaren Erkenntnis der Behinderung des raschen Wagenumlaufes nichts unversucht bleiben, um wenigstens einen Teil des von Dr. Müller Angestrebten zu erreichen.

A. Wöhrl.

Grundfläche der Feuerbüchse (kein Rost vorhanden)	9,3 m ²
Heizfläche: Feuerbüchse	44 "
Heizröhre	431 "
Überhitzer	195 "
Reibungsgewicht	136 t
Dienstgewicht	203 "
Dienstgewicht des Tenders	125 "
Railway and Locomotive Engineering 1926, Seite 11. M.	

2D-h2-Schmalspur-Lokomotive der Madras und Southern Mahratta Bahn.

Die Lokomotive ist von der Firma W. G. Bagnall in Stafford für die genannte Meterspur-Bahn in Britisch-Indien gebaut. Sie zeigt trotz der Schmalspur durchaus den Charakter einer Hauptbahnlokomotive. Aufbau und Ausrüstung entsprechen der englisch-indischen Bauweise. Die Zylinder liegen außen und sind stark geneigt. Da der Rost zwischen den Rahmen liegt, ist die Feuerbüchse verhältnismäßig lang ausgeführt worden. Die Hauptabmessungen sind:

Zylinderdurchmesser d	432 mm
Kolbenhub h	559 "
Kesseldurchmesser außen (größter)	1359 "
Kesselmitte über Schienenoberkante	2070 "
Rohrlänge	3200 "
Feuerbüchse: Länge × Weite	2541 × 616 "
Heizfläche der Feuerbüchse	11,5 qm
" der Rohre	73,0 "
" des Überhitzers	14,0 "
" — im Ganzen — H	98,5 "
Rostfläche R	1,54 "
Kesselüberdruck p	11,2 at

Durchmesser der Treibräder D	1092 mm
„ „ Laufräder und Tenderräder	723 „
Fester Achsstand (Kuppelachsen)	3657 „
Ganzer Achsstand der Lokomotive	6248 „
„ „ „ (einschl. Tender)	12872 „
Reibungsgewicht G_1 „	34,5 t
Dienstgewicht der Lokomotive G	42,7 „
„ des Tenders	29,2 „
Vorrat an Wasser	12 cbm
„ „ Brennstoff	4,5 t
H : R =	64,0
H : G =	2,3
H : G_1 =	2,85
The Railw. Eng. 1925, Juli.	R. D.

Vergrößerung der Reichweite der Lokomotivpfeife.

Die Anordnung der Pfeife an der Lokomotive ist von großem Einfluß auf ihre Reichweite. Bei den neueren Lokomotiven, die im Querschnitt die Umgrenzungslinie fast ganz ausfüllen, ist der früher für die Pfeife verfügbare Platz auf dem Dach des Führerhauses meist nicht mehr vorhanden. Die Pfeife sitzt jetzt in der Regel auf dem Kesselrücken, mehr oder weniger eingeeignet zwischen Dom, Sandkasten oder ähnlichen Teilen und dem Führerhaus. Die Schallwellen werden durch diese Teile abgelenkt oder zurückgeworfen; einen Teil verschluckt der heiße Kessel, sowie die Rauch- und Dampfwolken. Die Folge ist, daß die Reichweite derartig angeordneter Pfeifen nach der Seite zu etwa doppelt so groß ist als nach vorn und hinten,

daß also der Ton der Pfeife dort am besten zu hören ist, wo es am wenigsten erforderlich wäre. Die Quelle berichtet hierzu über zwei Versuche, die dies bestätigen. Bei dem ersten wurde eine Lokomotive auf eine Drehscheibe gestellt und die Lautstärke des Pfeifentons an verschiedenen weit entfernten Punkten und in verschiedenen Stellungen der Drehscheibe bzw. der Lokomotive gemessen. Bei einem zweiten Versuch wurden an einem kleinen Lokomotivmodell an Stelle der Schallwellen mittels elektrischer Funken Lichtwellen erzeugt und dann der Einfluß der neben der Pfeife angeordneten Teile auf diese Lichtwellen photographisch ermittelt.

Als Auswertung dieser Versuche schlägt die Quelle vor, die Pfeife nach Art der Kopflaternen vor dem Schornstein anzuordnen und außerdem wie bei jenen ihre Wirkung durch einen Reflektor zu verstärken. Dies scheint auch sehr nahelegend für die amerikanischen Verhältnisse, wo die Pfeife in erster Linie für Warnungszeichen beim Befahren der vielen schienenfreien Wegübergänge gebraucht wird. Soll sie aber, wie in Europa üblich, in der Hauptsache zur Übermittlung von Signalen an das Zugbegleitpersonal dienen, dann ist eine solche Lösung unbrauchbar, weil dabei der Ton nach rückwärts nur sehr schwach zu hören sein wird. Wenn die Quelle hierfür eine zweite Pfeife vorschlägt, die entsprechend hinten an der Lokomotive anzuordnen wäre, so scheint dies doch wesentlich umständlicher als etwa einfach die Verwendung stärkerer Pfeifen am alten Platz. Immerhin könnte die vorliegende Untersuchung Anlaß geben, der Frage einer etwas zweckmäßigeren Pfeifenanordnung, als vielfach üblich, näherzutreten.

R. D.

(Railw. Age 1925, 2. Halbj., Nr. 23).

Bücherbesprechungen.

„Die Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen“. Von Fr. Wilh. Jacobs. Mit 400 Abbildungen und Sachregister. 290 Seiten.

Das im Verlag von R. Oldenbourg München und Berlin 1925 erschienene Buch faßt in zwölf Abschnitten die Grundlagen für die Berechnung, den Bau und die Stromverteilung elektrischer Bahnen zusammen. Im wesentlichen behandelt der Verfasser Gleichstrombahnen, insbesondere Straßenbahnen bis in die einzelnen Bauteile. Im Abschnitt VII „Vielfachaufhängung“ wird an Hand von Abbildungen auch auf Vollbahn-Fahrleitungen eingegangen, ohne daß die neuzeitlichen Erfahrungen auf diesem Gebiete berücksichtigt sind; so spricht der Verfasser noch davon, daß Spannweiten für die Fahrleitungsmaste bis zu 100 m sich ohne Anstand bewährt haben, und daß die selbsttätige Nachspannung von Fahrdrabt und Trageil für Geschwindigkeiten bis zu 100 km/h ein Kennzeichen für elektrische Bahnen mit solch hoher Geschwindigkeit sei. Dies trifft heute nicht mehr zu.

Für Studierende und in der Praxis stehende Techniker bilden die zahlreichen Rechnungsbeispiele, die sich im allgemeinen auf Gleichstrom und die Queraufhängung beschränken, eine wertvolle Unterstützung.

„Elektrische Lichtbogenschweißung“ von Oberingenieur Karl Meller.

Dieses Buch ist als dritter Band der Sammlung „Elektrizität in industriellen Betrieben“ im Verlage von S. Hirzel in Leipzig (1925) erschienen. Preis: 16 M. geheftet, 18 M. gebunden.

Nachdem in den letzten Jahren die führenden Elektrizitätsfirmen wirtschaftlich arbeitende Schweißmaschinen durchgebildet haben, hat das Interesse für die elektrische Lichtbogenschweißung lebhaft zugenommen. Das Lichtbogenschweißverfahren ist für Instandsetzungsarbeiten bereits in weitem Umfang eingeführt worden; auf denjenigen Gebieten, auf denen es mit der Nietung im Wettbewerb steht (z. B. Behälter- und Kesselbau, Schiffbau, Brückenbau, Eisenhochbau), ist es jedoch noch im Anfang der Entwicklung.

Das vorliegende Buch bietet weiten Kreisen Gelegenheit, die wirtschaftlichen Vorteile kennen zu lernen, die die elektrische Lichtbogenschweißung in fast allen Industriebetrieben gewährt. Im ersten Abschnitt des Buches werden die verschiedenen Schweißverfahren, die Entwicklung der Lichtbogenschweißung und die grundlegenden Eigenschaften des elektrischen Lichtbogens erörtert. Der zweite Abschnitt bringt eine ausführliche Darstellung der elektrischen Schweißanlagen und ihrer Einzelteile, er behandelt zugleich die Frage der Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit dieser Anlagen. Der

dritte und vierte Abschnitt bringen die theoretischen und praktischen Grundlagen des Schweißens, insbesondere des Schweißens von Flußeisen und Gußeisen; in diesem Abschnitt sind auch die Güteverhältnisse verschiedener Schweißungen beschrieben. In vier weiteren Abschnitten ist das Lichtbogenschweißen verschiedener Metalle, das Schneiden mit dem Lichtbogen, das Prüfen und Überwachen der Schweißung und die Frage der Ausbildung der Schweißer behandelt. Der neunte Abschnitt enthält zahlreiche Beispiele für die Anwendung der Lichtbogenschweißung und zwar als Arbeitsverfahren für die fabrikmäßige Fertigung und als Verfahren für die Instandsetzung.

Das Studium des Buches, das wohl zu den besten Werken dieser Fachliteratur gehört, ist den in Werkstattbetrieben stehenden Ingenieuren aufs wärmste zu empfehlen; es wird auch denjenigen Ingenieuren, die sich mit dem Lichtbogenschweißverfahren bereits befaßt haben, wegen der Gründlichkeit und Vielseitigkeit des Inhaltes Neues und Wissenswertes bieten.

Sorger.

Die Wirkung wagrechter Kräfte bei eisernen Brücken. Von Reichsbahnrat Karig, Berlin 1925. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Preis geheftet 3,60 M.

Bisher war es üblich, die wagrechten Kräfte bei Drehbrücken mit zwei Verbänden nach einem roh geschätzten Verhältnis zu verteilen. In dem vorliegenden Buche werden unseres Wissens zum ersten Male Formeln entwickelt, die die horizontalen Kräfte anteilig auf die beiden Windverbände umlegen und gleichzeitig zeigen, inwieweit dadurch die Zu- und Abnahme der Spannungen in den Gurtungen der Hauptträger beeinflusst wird. Auf Grund eingehender Erwägungen weist der Verfasser nach, daß bei Deckbrücken mit zwei Windverbänden der obere stärker beansprucht wird, als beim Fehlen des unteren Verbandes. Durch die gefundenen einfachen Formeln und Festwerte können die Anteile der Kräfte auf die Hauptträger und die Verbände leicht ermittelt werden.

Ein besonderes Kapitel ist der günstigsten Lage des gekrümmten Gleises gewidmet. Beispiele dienen zur Erläuterung. Vorschläge zur vereinfachten Berechnung der Verbandskräfte, z. B. durch Einführung einer überhöhten, quadratischen Parabel anstelle des A-Polygons für die aus den Verkehrslasten ermittelten Querkräfte und einer Zusammenstellung der Ergebnisse schließen die umfangreiche Abhandlung ab.

Das Buch kann daher namentlich den mit der Nachrechnung von bestehenden Brücken betrauten Statikern als Anlage zu den Berechnungsgrundlagen für eiserne Eisenbahnbrücken vom 25. Februar 1925 empfohlen werden. Reichsbahnrat Lehmann, Dresden.