

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens

Technisches Fachblatt des Vereins Mitteleuropäischer Eisenbahnverwaltungen

Herausgegeben von Vizepräsident Ernst Harprecht, Berlin, unter Mitwirkung von Dr. Ing. A. E. Bloss, Dresden

96. Jahrgang

1. Juli 1941

Heft 13

Laufsicherheitsprüfung bei der Deutschen Reichsbahn.

Von C. Th. Müller, Berlin.

1. Inhaltsangabe.

Bei der Deutschen Reichsbahn werden seit mehreren Jahren Laufsicherheitsuntersuchungen an Eisenbahnfahrzeugen im Betriebe durch Messungen von Bogenlaufkräften vorgenommen. Nachstehender Aufsatz behandelt die bogenlauf- und meßtheoretischen Grundlagen des Meßverfahrens sowie dessen Genauigkeitsgrenzen. An Hand einer Beschreibung des „Meßwagens für Laufsicherheitsprüfung“ wird die Anwendung dieser Grundlagen auf den praktischen Versuchsbetrieb dargelegt.

2. Theoretische Grundlagen der Messungen.

Abgesehen von der Kippsicherheit ist die Laufsicherheit eines Eisenbahnfahrzeuges gewährleistet, wenn am Spurkranz keines seiner an der Führung beteiligten Räder die „Entgleisungsgrenze“ während eines längeren Zeitraumes erreicht oder überschritten wird.

Die Entgleisungsgrenze ist gekennzeichnet durch ein bestimmtes kritisches Verhältnis zwischen Führungsdruck Y und gleichzeitig auftretendem Raddruck Q. Der Zusammenhang zwischen beiden ist gegeben durch die Nadalsche Formel

$$\frac{Y}{Q} = \frac{\text{tg } \beta_{\max} - f}{1 + f \cdot \text{tg } \beta_{\max}} = \text{tg } (\beta_{\max} - \varrho) \quad \text{Gl. 1)}$$

Hierin ist:

f = tg ρ = Reibungszahl am Spurkranzdruckpunkt zwischen Rad und Schiene.

ρ = Reibungswinkel.

β = größter Spurkranzwinkel (bei unabgenütztem Spurkranz etwa 60°).

Der momentane Raddruck Q braucht nicht mit dem mittleren statischen Raddruck Q₀ übereinzustimmen; er ist meist wesentlich von ihm verschieden. Setzt man in Gl. 1) Q = Q₀, so ergeben sich viel zu niedrige zulässige Führungsdrücke Y.

Die in Gl. 1) auftretenden Größen Y und Q sind als Kräfte zwischen Rad und Schiene einer fortlaufenden Messung am bewegten Fahrzeug unzugänglich.

Wir müssen daher die Gl. 1) so fassen, daß darin, abgesehen von der Reibungszahl f zwischen Rad und Schiene, nur mehr innere Kräfte am Fahrzeug erscheinen, die ohne weiteres meßtechnisch erfaßt werden können.

Das der Ableitung der Gl. 1) zugrunde liegende Kräftebild im Meridianschnitt eines führenden Vorderradsatzes ist in Bild 1 dargestellt, und zwar bei Erreichen der Entgleisungsgrenze, d. h. wenn bei Einpunktberührung der Druckpunkt ℳ auf dem Spurkranzkegel liegt oder wenn bei ursprünglicher Zweipunktberührung der Aufstandspunkt des Außenrades auf dem Schienenkopf drucklos geworden ist.

Vernachlässigt sind in der Darstellung:

1. Die Vorverlagerung des Spurkranzdruckpunktes ℳ infolge des Anschneidwinkels des Radsatzes gegen die Schiene;

2. die bei einem führenden Vorderradsatz im allgemeinen kleinen Winkel, um die die Gleitrichtungen der Räder, in der waagerechten Ebene gesehen, von der Richtung der Radsatzachse abweichen;

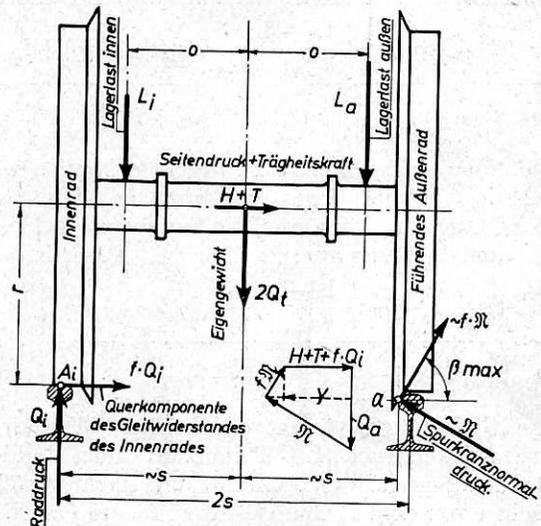
3. die Kegelneigung der Laufflächen.

Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens. 96. Jg. (1941), Heft 13.

Vom Rahmen her wirken auf den Radsatz die lotrechten Lagerdrücke L_a und L_i sowie ein Seitendruck H (zum anlaufenden Rade hin gerichtet), vom Gleis her die Stützdrücke Q_i und ℳ sowie die in die Darstellungsebene fallenden Komponenten der Reibungskräfte f·ℳ und f·Q_i in den Radaufstandspunkten ℳ und A_i. Hierzu kommt noch das Eigengewicht des Radsatzes selbst (2 Q_t) sowie gegebenenfalls eine Trägheitskraft T = - $\frac{2}{g} Q_t \cdot b$ als Reaktion auf eine dem Radsatz vom Gleis her aufgezungenen Querbewegung b.

Der Führungsdruck Y ist die resultierende Querkraft zwischen Spurkranz und Schienenkopf, also nach Bild 1.

$$Y = \mathfrak{M} \cdot \sin \beta_{\max} - f \cdot \mathfrak{M} \cdot \cos \beta_{\max} = H + T + f \cdot Q_i \quad \text{Gl. 2)}$$



2s = Schienenmittenabstand. 2o = Lagermittenabstand.

sr = Raddurchmesser.

Bild 1. Kräftebild.

Die gesamte, auf den Schienen ruhende Last 2 Q_m ist, abgesehen von der freien Fliehkraft der Gegengewichte und von kurzzeitigen senkrechten Massenkräften beim Überfahren von Schienenstößen,

$$2 Q_m = 2 Q_t + L_a + L_i$$

2 Q_m als Achsdruck des Radsatzes muß der Summe der beiden Raddrücke Q_a des Außenrades und Q_i des Innenrades gleich sein.

Q_i errechnet sich aus der Momentengleichung um den Radaufstandspunkt ℳ zu

$$Q_i = \frac{L_i (s + o) + L_a (s - o) + 2 Q_t \cdot s - (H + T) r}{2 s}$$

Für den Raddruck Q_a des Außenrades erhalten wir somit den Ausdruck

$$Q_a = 2 Q_m - Q_i = Q_m + (L_a - L_i) \frac{o}{2 s} + (H + T) \frac{r}{2 s} \quad \text{Gl. 3)}$$

Man sieht, daß Q_a kein Festwert ist, sondern stark veränderlich mit den Lagerdrücken L_a und L_i sowie den Seiten-

drücken H und T. Ein zum anlaufenden Rad hin gerichteter Seitendruck erhöht den Raddruck dieses Rades und vermehrt damit die Sicherheit gegen Aufklettern und das desto stärker, je größer der Raddurchmesser.

Das das Außenrad belastende Moment $(H + T) \cdot r$ erreicht seinen vollen Wert nur unter der Annahme, daß das Gleis in senkrechter Richtung starr ist. Berücksichtigt man die Elastizität vom Gleis und die senkrechte Fahrzeugfederung, so müßte das Moment lauten $a \cdot (H + T) \cdot r$, wobei

$$a = \frac{1}{1 + \frac{c_F}{c_S} \left(\frac{o}{s}\right)^2} \text{ ist.}$$

c_F = Federkonstante der Tragfeder in kg/mm, gegebenenfalls unter Berücksichtigung des Einflusses weiterer durch Ausgleichhebel mit dieser verbundenen Tragfedern;

c_S = Federkonstante der Schiene in senkrechter Richtung in kg/mm;

$2o$ = Abstand der Tragfedern (Federbasis);

$2s$ = Abstand der Schienenmitten.

Die Größenordnung von a ist bei Lokomotiven etwa 0,95 (näheres hierüber siehe Heumann, Glasers Ann. 1938, Heft 3 und 4).

Für Y setzen wir in Gl. 1) den Wert nach Gl. 2) und für Q Q_a nach Gl. 3) und erhalten nach einigen Umformungen

$$\frac{H+T}{Q_m} = \frac{\text{tg}(\beta_{\max} - \varrho) - f + \frac{L_a - L_i}{Q_m} \cdot \frac{o}{2s} \left[\text{tg}(\beta_{\max} - \varrho) + f \right]}{1 - \frac{r}{2s} \left[\text{tg}(\beta_{\max} - \varrho) + f \right]} \quad \dots \text{Gl. 4)}$$

Ohne einen großen Fehler zu begehen, können wir $2Q_m$, den Achsdruck am bewegten Fahrzeug, dem ruhenden Achsdruck $2Q_o$ gleichsetzen, weil die Summe der beiden Lagerdrücke L_a und L_i wenig veränderlich ist. Dann lautet Gl. 4)

$$\frac{H+T}{Q_o} \approx \frac{\text{tg}(\beta_{\max} - \varrho) - f + \frac{L_a - L_i}{Q_o} \cdot \frac{o}{2s} \left[\text{tg}(\beta_{\max} - \varrho) + f \right]}{1 - \frac{r}{2s} \left[\text{tg}(\beta_{\max} - \varrho) + f \right]} \quad \dots \text{Gl. 4a)}$$

Diese Gleichung bestimmt das kritische Verhältnis von meßbarem Seitendruck $H + T$ zum statischen Raddruck an der Entgleisungsgrenze und enthält nur mehr Größen, die — abgesehen von dem Reibungsbeiwert $f = \text{tg} \varrho$ am bewegten Fahrzeug selbst fortlaufend gemessen und aufgezeichnet werden können.

Bild 2 veranschaulicht die Abhängigkeit zwischen dem kritischen $\frac{H+T}{Q_o}$ und dem Reibungsbeiwert f für verschiedene Werte $\frac{L_a - L_i}{Q_o}$. Den Kurven sind zugrunde gelegt: Raddurchmesser $2r = 1400$ mm, Federbasis $2o = 1000$ mm (Lokomotivreihe 86), $\beta_{\max} = 60^\circ$, $2s = 1500$ mm.

Man sieht, daß $H + T$ ein Mehrfaches von Q_o betragen kann, ehe die Entgleisungsgrenze erreicht ist.

Der Lagerseitendruck H ist nicht identisch mit dem Führungsdruck Y. Dieser ist vielmehr als die gesamte waagerechte Querkraft zwischen Spurkranz und Schienenkopf definiert. Die Beziehung zwischen beiden liefert Gl. 2).

Aufgabe der Laufsicherheitsprüfung im Betriebe ist demnach die versuchsmäßige Feststellung der Werte H, L und T. Diese Größen sind einerseits unmittelbar ein Maß für die Beanspruchung von Teilen der Fahrzeuge und des Oberbaues und lassen andererseits nach vorstehenden Überlegungen Rückschlüsse auf die Entgleisungssicherheit zu.

In die Messung von L gehen ein die gesamten senkrecht zwischen dem Radsatz und dem Fahrgestell wirkenden statischen und dynamischen Kräfte, sofern L als unmittelbare Belastung des Achsschenkels gemessen wird. Muß aber, wie aus konstruktiven Gründen oft nicht anders möglich, der Druck zwischen Achslager und Tragfeder gemessen werden, so ergibt sich über die Achslagergleitbacken ein Kraftnebenschuß zwischen Achse und Rahmen. Die beim Lauf des Fahrzeuges in ihrer Richtung und Größe nicht eindeutigen Reibungskräfte in diesen Führungen erscheinen nicht in den gemessenen Werten. Dieser Einfluß ist aber bei guter Schmierung und infolge der Fahrerschütterungen, wie durch Vergleichsversuche nachgewiesen werden konnte, im allgemeinen gering.

Als Lagerseitendruck H eines führenden Radsatzes werden gemessen der gesamte auf diesen entfallende Anteil des statischen Schwenkwiderstandes des übrigen Fahrgestelles sowie — und das ist sehr wesentlich — die gesamten Massenquerkräfte, also dynamischen Kräfte, die der gefederte Fahrzeugteil auf die Achse und damit auf das Gleis ausübt.

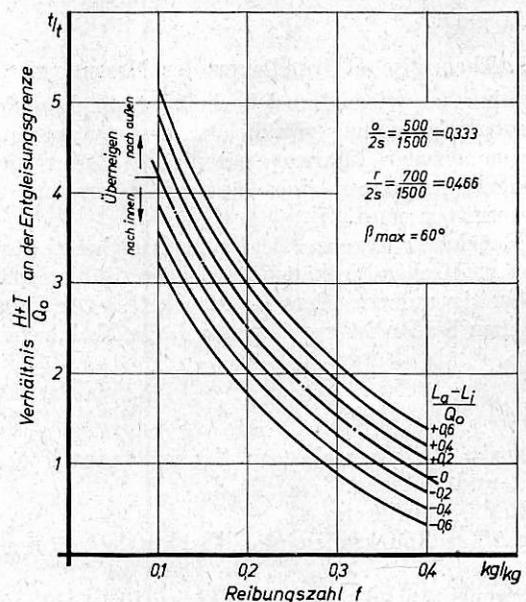


Bild 2. Seitendruck, Raddruck und Reibungszahl.

In die Messung gehen nicht ein Kräfte, die über die Achswelle vom nicht anlaufenden Rad auf den Spurkranz des führenden übertragen werden sowie Trägheitsquerkräfte der Radsatzmasse selbst.

Die letztgenannten, also die Werte T, lassen sich mit Hilfe zuverlässiger Beschleunigungsmesser ermitteln. Auf ihre Messung kann aber im allgemeinen verzichtet werden, da bei großen Seitendrücken H — und diese sind vor allem wesentlich — den Werten T eine untergeordnete Bedeutung zukommt. Andererseits wirken hohe Beschleunigungen nur sehr kurzzeitig, so daß die durch sie ausgelösten Trägheitskräfte bei Beurteilung der Entgleisungssicherheit ebenfalls außer Betracht bleiben können.

Der Lagerseitendruck eines nicht anlaufenden Radsatzes ist die Kraft, die erforderlich ist, um ihn auf dem Gleis quer zu verschieben. Hier werden die Trägheitsquerkräfte der Radsatzmasse mitgemessen, da die auf diese ausgeübten Querbewegungen nicht wie beim führenden Radsatz vom Gleis, sondern vom Fahrzeugrahmen ausgehen.

Neben den am Fahrzeug auftretenden Kräften interessieren zur Beurteilung der Bogeneinstellung und der Laufruhe des Fahrzeuges noch Relativbewegungen von Laufwerksteilen, wie z. B. Auslenkung von Drehgestellen, querverschieblichen Achsen usw.

3. Meßmethode, Meßgeräte.

Die Eigenart der Messungen am Laufwerk des sich bewegenden Fahrzeuges macht eine Aufzeichnung der Kräfte und Bewegungen unmittelbar am Entstehungsort unmöglich. Man ist deshalb gezwungen, Geber und Registriergerät örtlich zu trennen. Der Geber ist eingebaut am Fahrzeug, das aufzeichnende Gerät in einem besonderen Meßwagen aufgestellt. Diese örtliche Trennung verbietet mechanische Übertragungsmittel und führt zwangsläufig zu einer elektrischen Meßmethode.

Dem Geber fällt danach die Aufgabe zu, die zu messenden mechanischen Größen in elektrische umzuwandeln, dem Registriergerät, die durch den Geber gesteuerten Strom- oder Spannungsschwankungen aufzuzeichnen.

Das Lokomotivversuchamt der Deutschen Reichsbahn verwendet seit Jahren bei seinen Laufsicherheitsuntersuchungen mit dem für diesen Zweck hergerichteten Meßwagen mit gutem Erfolg als Geber für Kraftmessungen Kohle-druckmeßdosen, als Geber zur Messung von Bewegungen Schleifdrahtwiderstände (Verschiebungsmesser), als Registriergeräte Siemens-Schleifenoszillografen.

Die Meßmethode geht in ihren Anfängen auf die Arbeiten der im Jahre 1928 gegründeten „Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung von Entgleisungsursachen“ zurück, worüber im Org. Fortsch. Eisenbahwes. 1934 berichtet wurde. Wie die Geber im einzelnen konstruiert und in die Fahrzeuge eingebaut werden, ist in zwei Aufsätzen von Reichsbahnrat Harm (Glaser's Ann. 1935, Heft 11 und 12 und Z.VDI 1937, Sonderheft) veröffentlicht. Hier ist auch näheres über die seinerzeitigen Einrichtungen des Meßwagens zu finden.

Die Meßeinrichtung muß folgenden Anforderungen genügen:

1. Widerstandskraft der Geber (Druckmeßdosen) gegen hohe mechanische Beanspruchungen ohne bleibende Formänderungen bei gleichzeitig geringen äußeren Abmessungen und größter Einfachheit;
2. Eignung für verzerrungsfreie Aufzeichnung hoher Frequenzen des zu messenden Vorganges (hochliegende Eigenschwingungszahlen des Gebers und des Aufnahmegerätes);
3. Größtmögliche Beständigkeit der Anzeige.

Im folgenden sollen die Grundlagen des Meßvorganges behandelt werden. Außerdem wird gezeigt, welche Wege gegangen wurden, um die oben gestellten Anforderungen an die Meßeinrichtung möglichst weitgehend zu erfüllen.

4. Die Kohle-druckmeßdose.

Die Kohle-druckmeßdose, wie sie nach verschiedenen Abänderungen zur Zeit verwendet wird, ist in Bild 3 dargestellt.

Ihre Bauteile sind:

1. Gehäuse aus zähem Stahl mit dem als Membran wirkenden Boden;
2. der Einsatz mit einer Säule von aufeinander geschichteten Kohleplättchen.

Der Boden biegt sich unter Einwirkung der zu messenden Kräfte durch und drückt die Kohleplättchensäule mehr oder weniger zusammen. Bestimmten Wegen der Membran entspricht zugehörig die Belastung der Plättchensäule in kg.

Die Arbeitsweise der Kohle-druckmeßdose beruht darauf, daß die Kohleplättchen ihren elektrischen Durchgangswider-

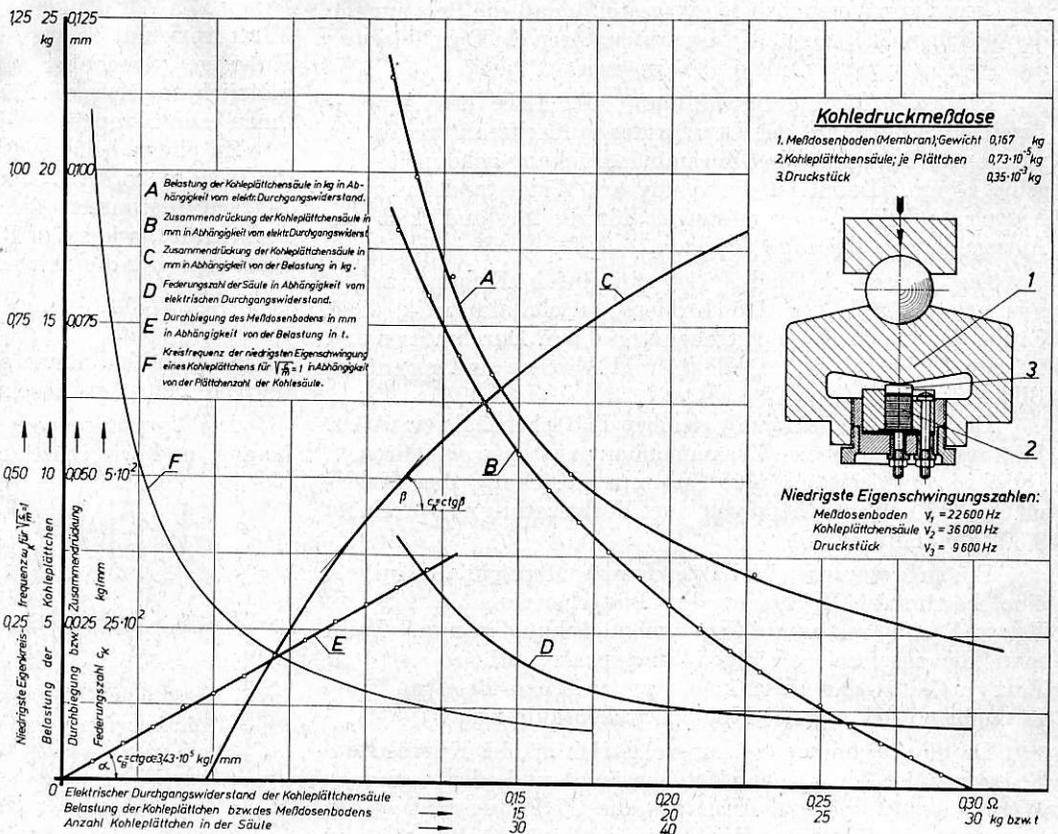


Bild 3. Kohle-druckmesser.

stand entsprechend dem jeweils auf ihnen lastenden mechanischen Druck verändern. Die Widerstandsänderung ist nicht bedingt durch Änderung der physikalischen Eigenschaften der belasteten Plättchen; es handelt sich vielmehr um eine reine Oberflächenwirkung. Dieser haften naturgemäß die allgemein bekannten Mängel an wie Hysterese und Unbeständigkeit des Grundwiderstandes bei wiederholter Belastung. Es kommt darauf an, durch zweckmäßige Bauart der Meßdose die Fehler in Grenzen zu halten, die den an die Messungen zu stellenden Genauigkeitsanforderungen genügen.

a) Kennlinien.

In Abhängigkeit von der Belastung hat eine Kohlenplättchensäule eine hyperbolische Widerstandscharakteristik (s. Bild 4). Die Meßdose arbeitet in einem Teil A bis B dieser Kurve. Wählt man den Punkt A so, daß die Kohlesäule geringe Vorlast hat, so erhält man bei geringer Belastungsänderung ΔP eine große Widerstandsänderung Δr und mithin eine starke elektrische Steuerwirkung. Diese wird aber erkauft durch eine geringe Beständigkeit der Anzeige, weil der mechanische Zusammenhalt der Plättchen schlecht ist und bei Stößen, vor allem quer zur Säulenachse, sich diese gegeneinander

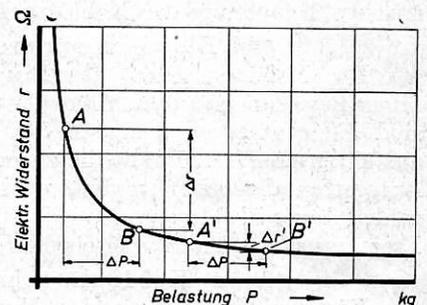


Bild 4. Widerstandscharakteristik.

verschieben, wobei andere Oberflächenteile der Plättchen miteinander in Berührung kommen.

Erste Voraussetzung für die Beständigkeit der elektrischen Widerstandsänderung ist daher eine beträchtliche mechanische Vorbelastung der Kohleplättchensäule.

Als zweite Bedingung für einwandfreies Arbeiten hat sich auf Grund von Versuchen herausgestellt, daß die Relativwege der einzelnen Plättchen, hervorgerufen durch die Durchbiegung des Meßdosenbodens, klein sein müssen.

Die erste Bedingung bestimmt die Lage des Arbeitsbereiches A bis B auf der Druckwiderstandscharakteristik, die zweite, da Belastung und Zusammendrückung gekoppelt sind, seine Länge. Damit ist die verfügbare Widerstandsänderung festgelegt; beide Voraussetzungen für die Beständigkeit der Anzeige setzen ihr enge Grenzen.

Die Kurve A (Bild 3) ist ein durch Eichung aufgenommenes Stück der Druckwiderstandscharakteristik einer Säule, die aus 35 Kohleplättchen von 6 mm Durchmesser und 0,2 mm Dicke besteht. Ordinate und Abszisse sind gegenüber Bild 4 vertauscht.

Die Kurve B ist an der gleichen Plättchensäule ermittelt. Sie veranschaulicht den Zusammenhang zwischen elektrischem Durchgangswiderstand und Zusammendrückung der Kohleplättchensäule, ausgehend von einer Vorbelastung entsprechend 0,30 Ohm Grundwiderstand.

Einem bestimmten Widerstandswert entspricht auf Kurve A eine bestimmte Belastung der Plättchensäule in kg, auf Kurve B eine bestimmte Zusammendrückung in mm. Trägt man die zusammengehörigen Wertepaare auf, so entsteht Kurve C, die den Zusammenhang zwischen Belastung und Zusammendrückung der Kohleplättchensäule zeigt.

Da die Zusammendrückung elastisch ist, ist Kurve C das Federungsbild der Kohleplättchensäule und der reziproke Wert ihres jeweiligen Anstieges die Federungszahl c_K in kg/mm; c_K ist hier keine Konstante, sondern abhängig von der jeweils auf der Plättchensäule ruhenden Belastung, mithin auch von dem dieser zugeordneten elektrischen Widerstand. Als Funktion des Widerstandes ist c_K in Bild 3 als Kurve D aufgetragen.

Das Federdiagramm des Meßdosenbodens ist die Gerade E, gemessen als Durchbiegung der Bodenmitte in Abhängigkeit von der auf das Meßdosengehäuse über die Druckkugel mittig übertragenen Last. Der cotg des Anstiegswinkels α dieser Geraden ist die Federkonstante c_B des Dosenbodens.

Die Kurven A bis E sind die mechanischen und elektrischen Kennlinien der Kohleplättchensäule.

b) Eigenschwingungszahlen.

Der Meßdosenboden, das Druckstück zur Übertragung seiner Bewegungen auf die Kohleplättchensäule und diese selbst sind Elemente, die beim Meßvorgang Eigenschwingungen ausführen können. Damit die zu messenden Kräfte wirklichkeitstreu abgebildet werden, müssen die Eigenschwingungszahlen dieser Meßdosenteile ein Vielfaches der vorkommenden Frequenzen des Kraftwechsels betragen.

a) Kohleplättchensäule.

Für die Berechnung der Eigenschwingungszahlen der Kohleplättchensäule kann man sich die Plättchen selbst als unelastisch und die gesamte Federung zwischen diesen auf-tretend denken (s. Bild 5).

Ist c_K die gemessene Federungszahl der Kohleplättchensäule, so ist c , die Konstante der gedachten Federn zwischen zwei Plättchen,

$$c = (n + 1) \cdot c_K.$$

$$a_n \cdot \left(\frac{m}{c}\right)^n \cdot x_1^{(2n)} + a_{n-1} \cdot \left(\frac{m}{c}\right)^{n-1} \cdot x_1^{(2n-2)} + \dots + a_2 \cdot \left(\frac{m}{c}\right) \cdot x_1'' + a_1 \cdot x_1 = 0 \quad \dots \text{Gl. 5)}$$

Dann stellt die Säule schwingungstechnisch eine Kette von n gleichen Massen m und n + 1 Federn dar. Die Eigenschwingungszahlen der Plättchen ergeben sich aus der Lösung der Differentialgleichung der freien Säulenschwingung. Die Dämpfung der Schwingung soll unberücksichtigt bleiben.

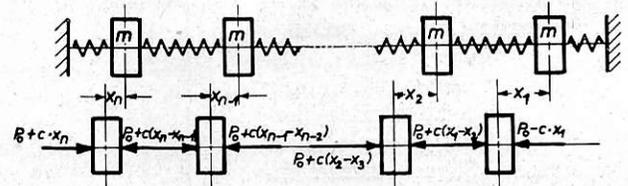
Im Ruhezustand herrsche zwischen je zwei Plättchen der Druck P_0 . Wir denken uns auf das erste Plättchen eine äußere Kraft wirkend, durch die die einzelnen Plättchen aus ihrer Ruhelage verschoben werden. Verschwindet diese Kraft plötzlich, so federn die Plättchen zurück. Es bildet sich zwischen ihnen eine Koppelschwingung aus.

Zu einem beliebigen Zeitpunkt t seien die Plättchen um die Wege x_1, x_2, \dots, x_n von ihrer Ruhelage entfernt. Diese Beträge bestimmen die zwischen den Plättchen wirkenden Federkräfte, wie sie in Bild 5 eingetragen sind. Für das erste Plättchen gilt die mechanische Gleichgewichtsbedingung

$$P_0 + c(x_1 - x_2) - P_0 + c \cdot x_1 = -m \frac{d^2 x_1}{dt^2} = -m \cdot x_1'';$$

entsprechend kann man die Gleichgewichtsbedingungen für die übrigen Plättchen anschreiben.

Die Vorspannungen P_0 heben sich aus allen Gleichungen heraus, und wir erhalten nach Division durch c für die Be-



- m = Masse eines Plättchens in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{sek}^2$.
- c = Federkonstante der gedachten Feder zwischen zwei Plättchen = $(n + 1) \cdot c_K$ in kg/m .
- n = Anzahl der Plättchen.
- P_0 = Vorbelastung der Kohleplättchensäule in kg .

Bild 5. Federkräfte.

rechnung der Schwingung einer Kohleplättchensäule von n Plättchen ein System gekoppelter Differentialgleichungen für die Schwingungen der einzelnen Plättchen

$$\begin{aligned} -\frac{m}{c} \cdot x_1'' &= 2x_1 - x_2 \\ -\frac{m}{c} \cdot x_2'' &= -x_1 + 2x_2 - x_3 \\ -\frac{m}{c} \cdot x_3'' &= -x_2 + 2x_3 - x_4 \\ &\vdots \\ -\frac{m}{c} \cdot x_{n-1}'' &= -x_{n-2} + 2x_{n-1} - x_n \\ -\frac{m}{c} \cdot x_n'' &= -x_{n-1} + x_n \end{aligned}$$

Aus der ersten Gleichung dieser Folge drücken wir x_2 aus

$$x_2 = \frac{m}{c} \cdot x_1'' + 2x_1$$

und differenzieren diese Gleichung zweimal

$$x_2'' = \frac{m}{c} \cdot x_1^{(4)} + 2x_1''.$$

Die so bestimmten Werte für x_2 und x_2'' setzen wir in die zweite Systemgleichung ein. Diese wird dann zu einer Beziehung zwischen $x_1^{(4)}, x_1'', x_1$ und x_3 . Jetzt wird x_3 eliminiert usw.

So erhalten wir für die Schwingung des ersten Plättchens die Differentialgleichung

Hierin sind die Beiwerte a feste Zahlenwerte, die sich bei der Entwicklung der Gl. 5) aus dem Gleichungssystem ergeben.

$$a_n \cdot \left(\frac{m}{c} r^2\right)^n + a_{n-1} \cdot \left(\frac{m}{c} r^2\right)^{n-1} \dots + a_2 \cdot \left(\frac{m}{c} r^2\right) + a_1 = 0 \dots \dots \dots \text{Gl. 5a)}$$

Diese Gleichung kann nur durch negative Werte $\frac{m}{c} r^2$ befriedigt werden, da eine Summe von positiven Werten niemals 0 sein kann. Als Lösung ergeben sich n verschiedene negative Werte von $\frac{m}{c} r^2$.

Es sei $\frac{m}{c} r_1^2 = -K_1^2$ eine Lösung von Gl. 5a); dann ist

$$r_1 = \pm i \cdot K_1 \sqrt{\frac{c}{m}}$$

und
$$x_1 = C'_1 \left[e^{i \cdot K_1 \sqrt{\frac{c}{m}} \cdot t} + e^{-i \cdot K_1 \sqrt{\frac{c}{m}} \cdot t} \right]$$

$$= C_1 \cdot \cos \left(K_1 \sqrt{\frac{c}{m}} \cdot t \right)$$

eine partikuläre Lösung der Differentialgleichung 5.

Bei einer aus n Plättchen bestehenden Säule setzt sich das vollständige Integral der Differentialgleichung 5 zusammen aus der Summe n partikulärer Lösungen entsprechend den Wurzeln $-K_1^2, -K_2^2 \dots -K_n^2$ der Gl. 5a). Das bedeutet, daß das erste Plättchen der Säule n verschiedene Eigen-

schwingungszahlen hat, deren Kreisfrequenz $\omega = K \sqrt{\frac{c}{m}}$ ist.

K ist also die Kreisfrequenz einer Eigenschwingung für
$$\sqrt{\frac{c}{m}} = 1.$$

Die Schwingungen des zweiten, dritten und der folgenden Plättchen enthalten die gleichen Kreisfrequenzen wie die des ersten. Wichtig für unsere Betrachtungen ist lediglich die niedrigste vorkommende Kreisfrequenz, also K_{\min} , das aus Gl. 5a) mit $\sqrt{\frac{m}{c}} = 1$ bestimmt wird.

K_{\min} als Funktion der Anzahl der Kohleplättchen in der Säule ist Kurve F (Bild 3).

Die niedrigste Eigenschwingungszahl ν_{\min} ist

$$\nu_{\min} = \frac{\omega_{\min}}{2\pi} = \frac{K_{\min}}{2\pi} \sqrt{\frac{c_K \cdot (n+1)}{m}} \dots \text{Gl. 6)}$$

Für $n = 35$ Plättchen entnehmen wir der Kurve F (Bild 3) $K_{\min} = 0,09$, der Kurve D bei einer Grundbelastung entsprechend 0,20 Ohm elektrischen Durchgangswiderstand $c_K = 130 \text{ kg/mm} = 13 \cdot 10^4 \text{ kg/m}$. Das Gewicht eines Plättchens von 6 mm Durchmesser und 0,2 mm Dicke beträgt 0,0073 g = $0,73 \cdot 10^{-5} \text{ kg}$, also $m = 0,745 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}$. Damit wird

$$\nu_{\min} = \frac{0,09}{2\pi} \sqrt{\frac{13 \cdot 10^4 \cdot 36 \cdot 10^6}{0,745}} = \sim 36 \text{ 000 Hz.}$$

β) Die Membran.

Die genaue Untersuchung der Eigenschwingung der Membran führt auf Besselsche Funktionen. Die strenge Lösung der Aufgabe geht in vorliegendem Rahmen zu weit; wir wollen uns daher mit einer Näherung begnügen, die auf der Annahme beruht, daß die Druckplatte als solche starr und die gesamte Federung gleichmäßig auf ihren Rand verteilt ist. Diese vereinfachende Voraussetzung ergibt eine niedrigere Eigenschwingungszahl als die niedrigste tatsächliche. Als

Gl. 5) ist eine homogene lineare Differentialgleichung (2n)^{ter} Ordnung, die durch den Ansatz $x_1 = e^{rt}$ gelöst wird. Die Differentialgleichung geht dann in die Potenzgleichung über

schwingend wird der Meßdosenboden mit seiner vollen Masse eingesetzt.

Wir erhalten unter dieser zu ungünstigen Annahme nach Bild 3 mit

$c_B = 3,43 \cdot 10^8 \text{ kg/m} =$ Federkonstante des Meßdosenbodens,

$m_B = \frac{0,167}{9,81} = 0,017 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m} =$ Masse des Bodens

seine Eigenschwingungszahl zu

$$\nu_B = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_B}{m_B}} = \sim 22 \text{ 600 Hz.}$$

γ) Das Druckstück.

Das Druckstück ist eingespannt zwischen Kohleplättchensäule und Druckplatte mit ihren hohen Eigenschwingungszahlen. Abweichend von der Wirklichkeit, aber wiederum zu ungünstig, wollen wir annehmen, daß das Druckstück auf der Kohleplättchensäule als masseloser Feder schwingen kann. Dann ergibt sich bei einem Eigengewicht von $0,35 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$ und

$c_D = c_K = 13 \cdot 10^4 \text{ kg/m}$ seine Eigenschwingungszahl zu

$$\nu_D = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c_D}{m_D}} = \sim 9 \text{ 600 Hz.}$$

Die vorkommenden Frequenzen des Kraftwechsels liegen unterhalb 100 Hz, betragen also höchstens etwa $\frac{1}{100}$ der

niedrigsten Eigenschwingungszahl eines Bauelementes der Meßdose. Es ist also nicht verwunderlich, daß eine dynamische Eichung mit Kraftwechseln bis zu 6 Hz Frequenz keine Unterschiede gegenüber der statischen ergab. Die Meßdose entspricht also schwingungstechnisch voll den an sie zu stellenden Ansprüchen.

δ) Das Registriergerät.

Die zur Aufzeichnung der Meßvorgänge verwendeten Oszillografenschleifen haben nach Angabe des Lieferwerks eine Eigenschwingungszahl von $\sim 2000 \text{ Hz}$ bei ungedämpfter schwingender Schleife.

5. Empfindlichkeit und Genauigkeit der elektrischen Schaltung.

Meßdose und Verschiebungsmesser bilden Widerstände einer Gleichstrombrücke (s. Bild 6, Schaltskizze), in deren Nullzweig das Anzeigegerät (die Oszillografenschleife) liegt. Eine Widerstandsänderung der Meßdose bzw. eine Verlagerung des Abgriffes auf dem Schleifdraht des Verschiebungsmessers rufen im Nullzweig Stromschwankungen hervor, die abhängig sind von der Größe der Widerstandsänderung der Meßdose oder von der Abgriffverlagerung am Verschiebungsmesser.

Der Brückenschaltung fällt also die Aufgabe zu, die in Widerstandsänderungen umgewandelten Druckänderungen und Bewegungen elektrisch als Stromschwankungen abzubilden.

Die Voraussetzungen für die Beständigkeit der Druckwiderstandscharakteristik der Kohleplättchensäule der Druckmeßdose (hohe mechanische Vorbelastung, geringe Wege) haben zur Folge, daß nur geringe Widerstandsänderungen zum Aussteuern der Meßbrücke zur Verfügung stehen. Um ohne höchstempfindliche Oszillografenschleifen auszukommen, muß daher die elektrische Empfindlichkeit der Brücke möglichst hoch getrieben werden. Wie das schaltungstechnisch bei möglichst hohem Gleichmaß der Empfindlichkeit zu erreichen ist, soll im folgenden gezeigt werden.

Bei der Untersuchung gehen wir aus von dem Bild 6, Skizze 1. Mit den dort angegebenen Bezeichnungen erhalten wir durch Anwendung des I. Kirchhoffschen Satzes auf die Eckpunkte I, II, III und des II. Satzes auf die geschlossenen

enthalten der Widerstand des Brückenstromampèremeters. Wie diesen Einflüssen Rechnung zu tragen ist, [wird später gezeigt. Die weitere Entwicklung dieser Gleichungen zielt darauf ab, eine Beziehung zwischen dem bei abgeglichenen Brücke ($i_s = 0$)

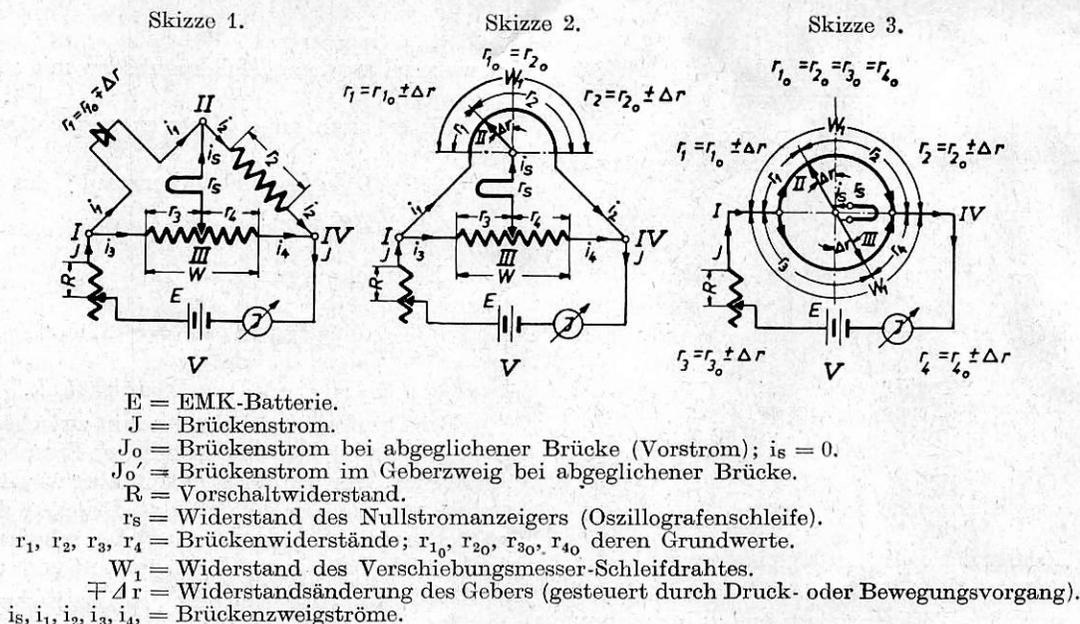


Bild 6. Meßbrücken.

Stromkreise I-II-IV-III-I, II-III-IV-II und I-III-IV-V-I sechs Grundgleichungen für die Berechnung der Brückenströme

$$\begin{array}{l}
 1) \quad J = i_1 + i_3 \\
 2) \quad i_1 = i_2 - i_s \\
 3) \quad i_4 = i_2 - i_s \\
 4) \quad i_1 \cdot r_1 = i_3 \cdot r_3 + i_4 \cdot r_4 - i_2 \cdot r_2 \\
 5) \quad i_4 \cdot r_4 = i_s \cdot r_s + i_2 \cdot r_2 \\
 6) \quad E = J \cdot R + i_3 \cdot r_3 + i_4 \cdot r_4
 \end{array}
 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Stromverzweigungs-} \\ \text{gleichungen} \\ \\ \\ \text{Spannungsgleichungen} \end{array}$$

Hierbei sind Zuleitungswiderstände unberücksichtigt gelassen, sämtliche Kontakte als fest und widerstandslos angesehen, der innere Batteriewiderstand vernachlässigt oder dem Vorschaltwiderstand R zugeschlagen. Ebenso sei in R

fließenden Brückenstrom $J = J_0$, der Widerstandsänderung $\pm \Delta r$ der Meßdose und dem Meßschleifenstrom i_s herzustellen.

Wir führen zwei Rechnungsbegriffe ein, und zwar den des „Brückenlängsquotienten“ n und den des „Brückenquerquotienten“ m und definieren diese als

$$n = \frac{r_3}{r_4} = \frac{r_{10}}{r_2} \dots \dots \dots \text{Gl. 7)}$$

$$m = \frac{r_{10} + r_2}{r_3 + r_4} = \frac{r_{10} + r_2}{W} \dots \dots \text{Gl. 8)}$$

Dann erhalten wir nach verschiedenen Umformungen für den Fall der Druckmeßdose (Bild 6, Skizze 1) die gesuchte Beziehung

$$i_s = J_0 \cdot \frac{\pm \Delta r}{r_{10}} \cdot \left[\frac{m+1}{m} + \frac{r_s}{r_{10}}(n+1) \right] (m+1) \pm \frac{\Delta r}{r_{10}} \left(\left[\frac{m+1}{m} + \frac{r_s}{W}(n+1) \right] + \frac{J_0}{E} W \frac{n}{n+1} \left[1 + \frac{r_s}{W} \frac{(n+1)^2}{n(m+1)} \right] \right) \dots \dots \text{Gl. 9)}$$

Weiterhin ergibt sich aus den Stromverzweigungsgleichungen der abgeglichenen Brücke für $\frac{E}{J_0}$ der Ausdruck

$$\frac{E}{J_0} R = W \cdot \frac{m}{m+1} \dots \dots \dots \text{Gl. 10)}$$

und für J_0' (Strom im Geberzweig)

$$i_s = \pm \frac{\Delta r}{r_{10}} \cdot J_0 \cdot \frac{1}{\left[\frac{m+1}{m} + \frac{r_s}{r_{10}}(n+1) \right] (m+1)} = \pm \frac{\Delta r}{r_{10}} \cdot J_0 \cdot C \dots \dots \dots \text{Gl. 9a)}$$

Der Abbildungsstrom i_s ist also verhältnismäßig der relativen Widerstandsänderung $\frac{\Delta r}{r_{10}}$ der Meßdose, dem gesamten

Vorstrom J_0 und einem dimensionslosen Quotienten, in dem lediglich Verhältniszahlen von unveränderlichen Brückenwiderständen auftreten, kurz bezeichnet als „Brückenkonstante“ C.

$$J_0' = \frac{J_0}{m+1} \dots \dots \dots \text{Gl. 10a)}$$

Das zweite Glied im Nenner der Gl. 9) ist, wie man sich leicht überzeugen kann — besonders bei kleinem $\frac{\Delta r}{r_{10}}$ — klein gegenüber dem ersten und kann daher vernachlässigt werden. Damit vereinfacht sich Gl. 9) auf

$$C = \frac{1}{\left[\frac{m+1}{m} + \frac{r_s}{r_{10}}(n+1) \right] (m+1)} \dots \dots \text{Gl. 11)}$$

Bei gleichem J_0 und gegebenem $\frac{\Delta r}{r_{10}}$ ist der Schleifenstrom i_s desto größer, je größer C. Der Höchstwert der Brücken-

empfindlichkeit liegt bei der Kombination der Brückenwiderstände, bei der C ein Maximum hat, d. h. wenn $\frac{dC}{dm} = 0$ ist.

Aus dieser Bedingung erhalten wir

$$C_{\max} = \left(\frac{m}{m+1} \right)^2 \dots \dots \dots \text{Gl. 11a)}$$

bzw.
$$C_{\max} = \frac{1}{\left[1 + \sqrt{1 + \frac{r_s}{r_{10}} (n+1)} \right]^2} \dots \dots \dots \text{Gl. 11b)}$$

$$i_s = \mp \frac{4 \Delta r}{W_1} \cdot J_0 \cdot \frac{1}{\left(\frac{m+1}{m} + \frac{4 r_s}{W_1} \right) (m+1) - \left(\frac{2 \Delta r}{W_1} \right)^2 \left(m + \frac{J_0 W_1}{E m+1} \right)} \dots \dots \dots \text{Gl. 12)}$$

Auch hier kann das zweite Nennerglied gegenüber dem ersten vernachlässigt werden, und wir erhalten entsprechend Gl. 9a)

$$i_s = \mp \frac{4 \Delta r}{W_1} \cdot J_0 \cdot C_1 \dots \dots \dots \text{Gl. 12a)}$$

mit
$$C_1 = \frac{1}{\left(\frac{m+1}{m} + \frac{4 r_s}{W_1} \right) (m+1)} \dots \dots \dots \text{Gl. 13)}$$

Die Maximumbedingung $\frac{dC_1}{dm} = 0$ ergibt hier

$$C_{1\max} = \left(\frac{m}{m+1} \right)^2 \dots \dots \dots \text{Gl. 13a)}$$

bzw.
$$C_{1\max} = \frac{1}{\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4 r_s}{W_1}} \right)^2} \dots \dots \dots \text{Gl. 13b)}$$

Außer den einfachen Verschiebungsmessern werden solche mit zwei gleichen Schleifdrähten in Thomson-Schaltung verwendet (s. Bild 6, Skizze 3).

Hier sind alle vier Brückenwiderstände veränderlich und zwar im oberen und unteren Kreis gegenläufig. Es ist also $r_1 + r_2 = r_3 + r_4 = W_1$. Eine den bisherigen entsprechende Entwicklung führt bei dieser Brückenschaltung zu der Empfindlichkeitsgleichung

$$i_s = \mp \frac{2 \Delta r}{W_1} \cdot J_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{2 r_s}{W_1} - \left(\frac{2 \Delta r}{W_1} \right)^2 \cdot \frac{J_0 \cdot W_1}{E \cdot 2}} \dots \dots \dots \text{Gl. 14)}$$

und unter den gleichen Vernachlässigungen wie oben

$$i_s = \mp \frac{2 \Delta r}{W_1} \cdot J_0 \cdot \frac{1}{1 + \frac{2 r_s}{W_1}} = \mp \frac{2 \Delta r}{W_1} \cdot J_0 \cdot C_2 \dots \dots \dots \text{Gl. 14a)}$$

J_0 ist für die Thomsonbrücke gleich $\frac{J_0}{2}$.

Bisher waren die Widerstände der Brückenverbindungsleitungen, wie eingangs erwähnt, unberücksichtigt.

Bei der Meßdosenschaltung liegt der Zweig I bis II der Brücke getrennt von der übrigen im Meßwagen untergebrachten Schaltung (s. Bild 6, Skizze 1). Der Widerstand der Zuleitungen von den Brückenpunkten I und II zu der Meßdose muß also in r_{10} enthalten sein. In der Größe des Schleifenwiderstandes r_s müssen berücksichtigt sein der Leitungswiderstand zwischen den Eckpunkten II und III und der Übergangswiderstand im Brückenpunkt III, d. h. derjenige des Regulierabgriffes auf dem Spannungsteiler. Da der Rest der Brücke mit kurzen Leitungen auf engem Raum zusammengeschaltet werden kann, können die Verbindungsleitungen vernachlässigt werden.

Bei dem einfachen Verschiebungsmesser sind die Eckpunkte II und IV nach außen geführt, ebenso die Verbindung II bis III.

Bei dem einfachen Verschiebungsmesser sind die beiden oberen Widerstände r_1 und r_2 des als Spannungsteiler wirkenden Schleifdrahtes veränderlich (s. Bild 6, Skizze 2). Ihre Summe $r_1 + r_2$ ist dagegen konstant, gleich W_1 . Weiterhin ist in diesem Falle der Brückenlängsquotient n gleich 1.

Entsprechend Gl. 9) ergibt sich daher aus den Stromverzweigungsgleichungen für i_s

Der Widerstand der Zuleitungen zu den Enden des Schleifdrahtes am Verschiebungsmesser kommt zu dessen Eigenwiderstand hinzu und muß in W_1 enthalten sein. Zum Schleifenwiderstand addieren sich Übergangswiderstand am Schleifdrahtabgriff, Leitungswiderstand der Zuleitung zu diesem, Übergangswiderstand auf dem Spannungsteiler (Punkt III); diese Widerstände ergeben zusammen r_s .

Beim Doppelschleifdraht-Verschiebungsmesser liegt die gesamte Brücke bis auf den Vorstromzweig I-V-IV außerhalb des Meßwagens. Die Zuleitungen zu den Eckpunkten I und IV sind R zuzuschlagen, die Übergangswiderstände der Kontakte auf den beiden Schleifdrähten sowie der Widerstand der Zuleitungen von der Oszillografenmeßschleife zu diesen müssen in r_s enthalten sein.

Zwischen den Eckpunkten II und III der Brücke herrschen im allgemeinen nur geringe Spannungen, es fließen Meßströme in der Größenordnung von wenigen Milliampères. Die Genauigkeit der Messung steht und fällt damit, wie weit es gelingt, die Widerstände im Schleifenkreis gleichbleibend zu halten.

Der bewegliche Abgriff auf dem Spannungsteiler III, über den der gesamte Meßstrom i_s fließt, ist im Meßwagen leicht Verschmutzungen ausgesetzt. Andererseits erfordert saubere Nullpunktregulierung einen sehr langen Spannungsteiler, der räumlich schlecht unterzubringen ist. Beide Schwierigkeiten werden gleichzeitig behoben, wenn man statt des einen Spannungsteilers zwei (einen niedrig- und einen hochohmigen) parallel schaltet, ebenso ihre Abgriffe. Der Abgriff auf dem niedrigohmigen kann jetzt als eine feste Schelle ausgeführt werden (über diese fließt der Hauptteil von i_s), deren Übergangswiderstand unveränderlich ist. Die Nullpunktgleichung wird im Nebenschluß durch Verschieben des beweglichen Kontaktes auf dem hochohmigen Widerstand vorgenommen.

Bild 7 zeigt eine Skizze des Doppelspannungsteilers. Der niedrigohmige der beiden Parallelwiderstände sei W' , der hochohmige W'' .

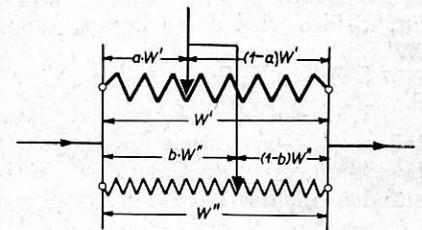


Bild 7. Doppelspannungsteiler.

Durch die Abgriffe auf den beiden Widerständen werden diese aufgeteilt in $a \cdot W'$ und $(1-a) \cdot W'$, bzw. $b \cdot W''$ und $(1-b) \cdot W''$. Da die Abgriffe parallel liegen, ist der Widerstand r_3 (Schaltskizze 6) durch die beiden parallelen $a \cdot W'$ und $b \cdot W''$ ersetzt. Es ist also

$$r_3 = \frac{a \cdot b \cdot W' \cdot W''}{a \cdot W' + b \cdot W''}$$

Ebenso erhalten wir für r_4

$$r_4 = \frac{(1-a)(1-b)W' \cdot W''}{(1-a)W' + (1-b)W''}$$

Damit die Brücke abgeglichen ist, müssen r_3 und r_2 im Verhältnis des Brückenlängsquotienten n stehen. Es ist also

$$n = \frac{r_3}{r_4} = \frac{a}{1-a} \cdot \frac{1 + \frac{1-a}{1-b} \cdot \frac{W'}{W''}}{1 + \frac{a}{b} \cdot \frac{W'}{W''}} \dots \text{Gl. 15)}$$

Eine Kurve, welche die Veränderung von n mit b bei einem festen Wert a angibt, ist die Regulierkurve des Widerstandes. Für feines Regeln muß sie möglichst flach liegen.

Bild 8 zeigt solche Kurven für $\frac{W'}{W''} = 0,1$ und verschiedene Werte von a zwischen 0,1 und 0,7. Außerdem ist die Regulierkurve für den einfachen Spannungsteiler $W'' = 0$ eingetragen.

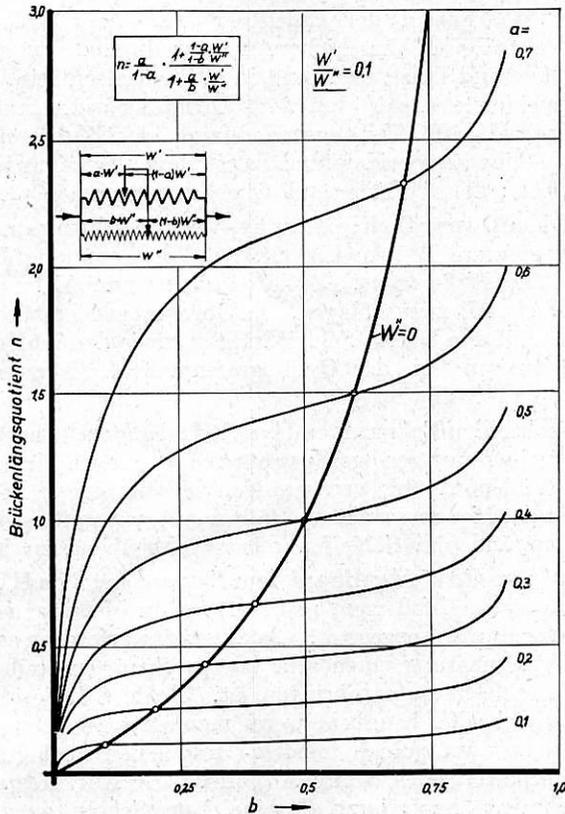


Bild 8. Regulierkurve des Widerstandes.

Man sieht, daß durch die Regelung im Nebenschluß neben der oben erwähnten Verbesserung der Stromübergangsverhältnisse eine erhebliche Verbesserung der Regelungseinheit erreicht ist. Beides wird desto besser, je kleiner das Verhältnis von $\frac{W'}{W''}$ gewählt wird.

Während der Gesamtwiderstand W eines Spannungsteilers ($r_3 + r_4$) durch die Verschiebung des Abgriffes nicht beeinflußt wird, verändert sich W bei zwei parallelen Widerständen mit der Lage der Abgriffe gegenüber seinem Höchstwert $W_{max} = \frac{W' \cdot W''}{W' + W''}$ und zwar nach der Beziehung

$$\frac{W}{W_{max}} = \left(1 + \frac{W'}{W''}\right) \left[\frac{1}{1 + \frac{a}{b} \cdot \frac{W'}{W''}} + \frac{1}{1 + \frac{1-a}{1-b} \cdot \frac{W'}{W''}} \right] \dots \text{Gl. 16)}$$

Die Kurven $\frac{W}{W_{max}}$ als $f(b)$ für $\frac{W'}{W''}$ wiederum 0,1 und die gleichen Werte a wie in Bild 8 zeigt Bild 9.

Man sieht, daß $W = W_{max}$ ist für $a = b$, was ohne weiteres einleuchtet. Weiterhin ist festzustellen, daß b in weiten Grenzen verändert werden kann, ohne daß W stark

von W_{max} abweicht. Der unter für die Messung unwesentlichen Änderungen von W verfügbare Regulierbereich des Doppel-

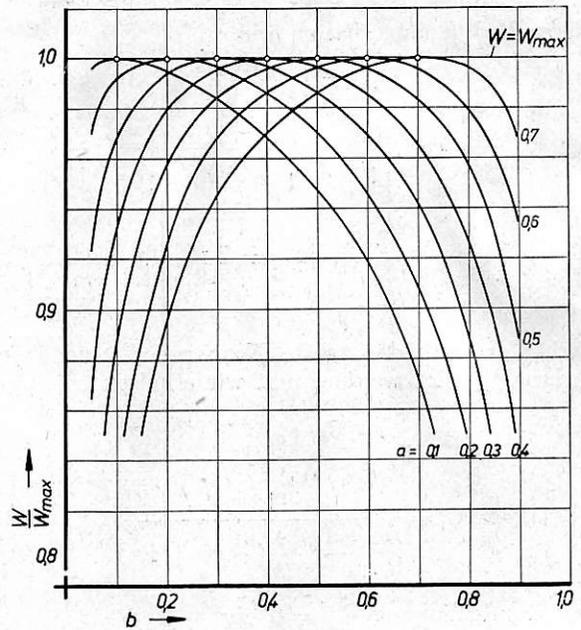


Bild 9. Widerstände beim Doppelspannungsteiler.

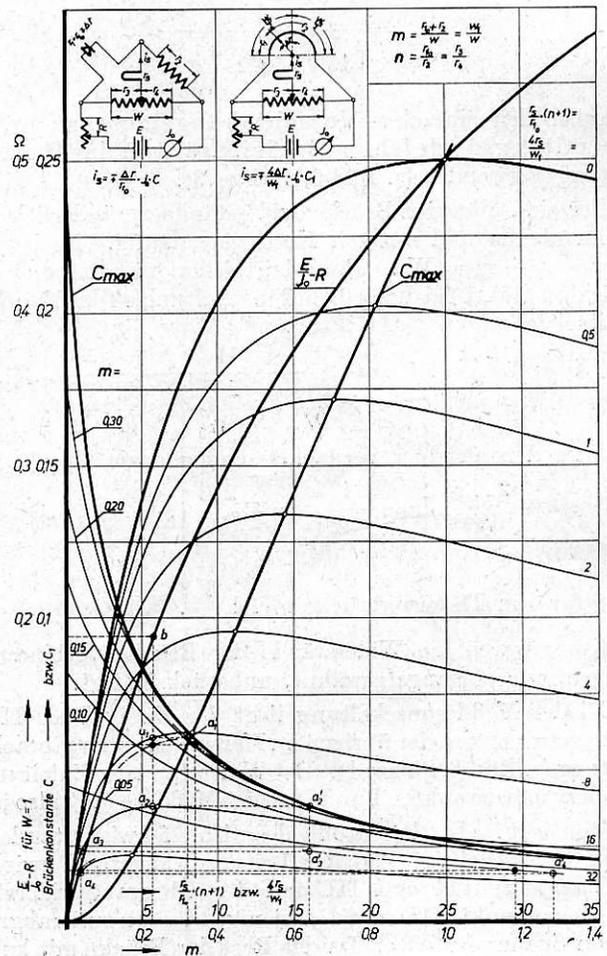


Bild 10. Ermittlung der Brückenkonstanten.

spannungsteilers wird desto größer, je kleiner das Verhältnis $\frac{W'}{W''}$ gewählt wird.

Die Gleichungen 9a), 10), 10a), 11), 11a), 11b) (Meßdose) und 12a), 13), 13a), 13b) (Verschiebungsmesser) liefern die Grundlage für die Aufstellung eines Schaubildes, aus dem die Brückenempfindlichkeit in ihrer Abhängigkeit von den einzelnen sie beeinflussenden Faktoren überblickt werden kann und aus dem sich ohne Rechnung die Widerstände für eine zweckmäßige Brückendimensionierung bestimmen lassen. Als Grundgleichungen dienen die Beziehungen:

Für die Druckmeßdose

$$i_s = \mp \frac{\Delta r}{r_{10}} \cdot J_o \cdot C \quad \dots \dots \text{Gl. 9a)}$$

für den einfachen Verschiebungsmesser

$$i_s = \mp \frac{4 \Delta r}{W_1} \cdot J_o \cdot C_1 \quad \dots \dots \text{Gl. 12a)}$$

und für beide Arten von Gebern

$$\frac{E}{J_o} - R = W \cdot \frac{m}{m+1} \quad \dots \dots \text{Gl. 10)}$$

Wir wählen in dieser Darstellung (Bild 10) als Ordinate C, als Abszisse m oder $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ — Druckmeßdose — und tragen C in seiner Abhängigkeit von m nach Gl. 11) für verschiedene Werte $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ auf. Die Hochpunkte dieser Kurven sind verbunden durch die stark ausgezogene Kurve $C_{\max} = f(m)$ nach Gl. 11a).

Durch Vertauschen des Parameters mit der freien Veränderlichen entstehen die abfallenden Kurven C als Funktion von $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ für feste Werte m. Die oberste Kurve ist $C = C_{\max}$ nach Gl. 11b).

Weiterhin ist in der Darstellung in Abhängigkeit von m aufgetragen die Kurve $y = \frac{m}{m+1}$. Nach Gl. 10) ist y nichts anderes als $\frac{E}{J_o} - R$ für $W = 1$. Für beliebige W ergibt sich $\frac{E}{J_o} - R$ durch Multiplikation des Ordinatenwertes mit dem betreffenden W.

C wird desto größer, mithin auch i_s bei gegebenem $\frac{\Delta r}{r_{10}}$ und

J_o , je kleiner $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ ist. r_s ist klein zu halten durch kurze und im Querschnitt reichlich bemessene Zuleitungen zwischen Brücke und Oszillografenschleife. r_{10} absichtlich zur Verkleinerung des Quotienten $\frac{r_s}{r_{10}}$ durch kleine Querschnitte der Zuleitungen zur Meßdose zu vergrößern, ist sinnlos; dadurch wird der Quotient $\frac{\Delta r}{r_{10}}$, dem i_s direkt proportional ist, klein.

Ein Mittel, $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ klein zu halten, sind kleine Werte des Brückenlängsquotienten n.

Weiter zeigt die Darstellung, daß C stark veränderlich mit $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ ist, d. h. die Anzeige Konstanz vor allem gegen Änderungen von r_s und r_{10} empfindlich ist. Es müssen daher peinlichst Widerstandsänderungen lösbarer Kabelverbindungen im Schleifen- und Meßdosenkreis vermieden werden.

In Abhängigkeit von m verlaufen die C-Kurven in der Nähe ihres Maximums sehr flach; d. h. Änderungen des Brückenquerquotienten m wirken sich auf die Messung nicht aus. Wie gezeigt wurde, ändert sich W und mithin m geringfügig bei

Nachregeln der Brückenabgleichung mit einem Doppelspannungsteiler. Die dadurch bedingten Fehler werden vollkommen belanglos, wenn m bei der Brückendimensionierung so gewählt wird, daß $C = \sim C_{\max}$ ist.

Im folgenden ein Beispiel:

Gegeben sei eine Brückenschaltung mit Grundwiderstand der Meßdose $0,2 \Omega$, Zuleitungswiderstand (Hin- und Rückleitung) $0,4 \Omega$, also $r_{10} = 0,6 \Omega$; fester Brückenwiderstand $r_2 = 2,5 \Omega$; Teilwiderstände des Doppelspannungsteilers $W' = 15 \Omega$, $W'' = 150 \Omega$; Widerstand der Oszillografenschleife einschließlich Zuleitung $r_s = 4,1 \Omega$; größte Widerstandsänderung der Meßdose $\Delta r = 0,06 \Omega$; Vorschaltwiderstand $R = 7 \Omega$; EMK der Stromquelle (2-Zellen-Akkumulator) $E = 4 \text{ Volt}$.
Fragen: Wie groß ist der verfügbare Meßstrom i_s für $J_o = 0,5 \text{ A}$ Vorstrom und $\Delta r = 0,06 \Omega$?
In welchen Grenzen kann J_o geregelt werden?
Wie groß ist der Meßdosenstrom J_o' ?

$$\text{Es ist } \frac{\Delta r}{r_{10}} = \frac{0,06}{0,6} = 0,1; \frac{r_s}{r_{10}} = \frac{4,1}{0,6} = 6,83; n = \frac{r_{10}}{r_2} = \frac{0,6}{2,5} = 0,24,$$

$$\text{also } \frac{r_s}{r_{10}}(n+1) = 6,83 \cdot 1,24 = 8,5$$

$$W = W_{\max} = \frac{W' \cdot W''}{W' + W''} = \frac{15 \cdot 150}{15 + 150} = 13,6 \Omega$$

$$W_1 = r_{10} + r_2 = 0,6 + 2,5 = 3,1 \Omega$$

$$m = \frac{W_1}{W} = \frac{3,1}{13,6} = 0,227$$

$$\frac{E}{J_o} = \frac{4,0}{0,5} = 8,0 \Omega$$

Wir gehen in Bild 10 von dem Punkte $m = 0,227$ der Abszissenachse senkrecht hoch bis zu den Schnittpunkten a_1 und a_2 mit den C-Kurven für $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1) 8$ und 16 . Zwischen

beiden Punkten muß der gesuchte Punkt $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1) = 8,5$ liegen. Wir übertragen jetzt die beiden Punkte a_1 und a_2 in das Koordinatensystem mit $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1)$ als Abszisse (a_1', a_2'),

ziehen entsprechend dem Verlauf der benachbarten C-Kurven die Hilfslinie $a_1' - a_2'$ und finden über $\frac{r_s}{r_{10}}(n+1) = 8,5$ den Wert $C = 0,0585$ als das gesuchte C. Damit wird

$$i_s = \frac{\Delta r}{r_{10}} \cdot J_o \cdot C = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 0,0585 = 0,00293 \text{ A} = 2,93 \text{ mA}$$

Wir liegen mit $C = 0,0585$ auf dem abfallenden Ast der C-Kurve als $f(m)$; um in dessen Kuppe zu kommen, was, wie gesagt, schaltungstechnisch am günstigsten ist, müßte $m = \sim 0,3$, d. h. $W = 10,5 \Omega$ sein.

Der Meßdosenstrom J_o' ist nach Gl. 10a)

$$J_o' = \frac{J_o}{m+1} = \frac{0,5}{1,227} = 0,407 \text{ A}$$

Auf der Kurve $\frac{E}{J_o} - R$ für $W = 1$ finden wir bei $m = 0,227$ den Wert $0,188$ (Punkt b). Damit wird

$$\frac{E}{J_o} - R = 0,188 \cdot W = 0,188 \cdot 13,6 = 2,56 \Omega$$

R kann geregelt werden zwischen 0 und 7Ω , also $2,56 < \frac{E}{J_o} < 9,56$ und der Regelbereich von J_o bei $E = 4 \text{ Volt}$

$$0,42 < J_o < 1,56 \text{ A}$$

In der gleichen Weise werden Aufgaben mit anderer Fragestellung an Hand des Schaubildes 10 behandelt.

Die Gleichung für die Brückenkonstante C_1 bei der Verschiebungsmesserschaltung ist hinsichtlich m gleichartig mit der für C bei der Druckmeßdosenschaltung. An

Stelle von $\frac{r_s}{r_{10}}$ ($n+1$) ist $\frac{4r_s}{W_1}$ getreten. Wir können die Kurven (Bild 10) zur Berechnung der Verschiebungsmesserbrücke verwenden, wenn beachtet wird, daß jetzt für $\frac{r_s}{r_{10}}$ ($n+1$) der

Wert $\frac{4r_s}{W_1}$ zu setzen ist.

Beispiel:

Gegeben: Widerstand des Schleifdrahtes $0,17 \Omega$, Zuleitung zu dessen Enden (Hin- und Rückleitung) $0,40 \Omega$, also $W_1 = 0,57 \Omega$;

Länge des Schleifdrahtes $l = 200 \text{ mm}$;

Doppelspannungsteiler im unteren Brückenweig (wie in vorstehendem Beispiel) $W = 13,6 \Omega$;

Meßschleifenwiderstand 4Ω , Zuleitung zum Schleifdrahtkontakt $0,2 \Omega$, Übergangswiderstand auf dem beweglichen Schleifdrahtabgriff vernachlässigt, also $r_s = 4,2 \Omega$;

Brückenvorstrom $J_0 = 0,5 \text{ A}$.

Frage: Wie groß ist der Schleifenstrom i_s bei einer Verschiebung des Kontaktes auf dem Verschiebungsmesser-Schleifdraht um $\Delta l = 50 \text{ mm}$ aus Mittellage?

Es ist bei $l = 200 \text{ mm}$ und $\Delta l = 50 \text{ mm}$, $\Delta r = 0,17 \cdot \frac{50}{200} = 0,0425 \Omega$, mithin $\frac{\Delta r}{W_1} = \frac{0,0425}{0,57} = 0,0745$,

$\frac{4r_s}{W_1} = \frac{16,8}{0,57} = 29,5$, $m = \frac{W_1}{W} = \frac{0,57}{13,6} = 0,0419$.

Der weitere Weg ist der gleiche wie im vorhergehenden Beispiel.

Wir suchen in Bild 10 den Schnittpunkt von $m = 0,0419$

mit den beiden C-Kurven für $\frac{4r_s}{W_1} 16$ und 32 (Punkte a_3

und a_4). Diese beiden Punkte werden in das Koordinatensystem mit $\frac{4r_s}{W_1}$ als Abszisse übertragen; wir finden dann über

$\frac{4r_s}{W_1} = 29,5$ den gesuchten Wert der Brückenkonstante zu $C_1 = 0,018$.

Der Schleifenstrom ist damit

$$\begin{aligned} i_s &= \mp \frac{4 \Delta r}{W_1} \cdot J_0 \cdot C_1 = \mp 0,298 \cdot 0,5 \cdot 0,018 \\ &= \mp 0,00268 \text{ A} = \mp 2,7 \text{ mA}. \end{aligned}$$

Auch hier wäre ein größeres m als $0,0419$ zweckmäßig.

Vorstehend ist gezeigt, welche Überlegungen angestellt und welche Wege gegangen wurden, um eine möglichst hohe Beständigkeit der Anzeige mechanisch wie elektrisch zu gewährleisten. Das Ergebnis ist, daß der Streubereich der wiederholten Eichungen bei mehrwöchentlicher Versuchsdauer nach 2000 bis 3000 Fahrkilometern höchstens $\pm 5\%$ der mittleren Eichwerte beträgt. Diese Genauigkeit erscheint zunächst nicht übermäßig hoch. Bei Kräften von 10 t ist es aber unwesentlich, ob der genaue Wert $9,5$ oder $10,5 \text{ t}$ beträgt. Ein mögliches Höherzüchten der gewährleisteten Meßgenauigkeit auf Kosten einer Komplizierung der Apparatur steht aber in keinem Verhältnis zu dem Ziel und Sinn der Versuchsaufgaben, die mit der Apparatur zu lösen sind. Außerdem ist der Fehlerbereich durchweg kleiner.

6. Der Meßwagen.

Ziel der Untersuchungen mit dem „Meßwagen für Laufsicherheitsprüfung“ ist die Messung des Kräfte- und Be-

wegungsspieles im Laufwerk von Eisenbahnfahrzeugen im Betriebe.

Die gemessenen Größen sind einmal Funktionen der mechanischen Eigenart des Fahrzeuges (Laufwerksanordnung, Massenverteilung u. a.) zum anderen Teile der oberbautechnischen Gegebenheiten und drittens der Fahrgeschwindigkeit, sind also abhängig von drei Veränderlichen. Mathematisch funktionell läßt sich nur die Abhängigkeit der Drücke und Bewegungen am Fahrzeug von der Fahrgeschwindigkeit fassen. Die beiden anderen Veränderlichen (Eigenart des Fahrzeuges, Eigenarten des Oberbaues) bleiben Parameter.

Weiter hat sich aus einer Vielzahl von Versuchen erwiesen, daß das Fahrzeug auf der Fahrbahn kein Eigenleben führt, sondern daß die gemessenen Druck- und Bewegungsschwankungen eine Folge der Fahrbahneinflüsse sind. Die gleichen Druck- und Bewegungsbilder erscheinen, wenn auch je nach Fahrgeschwindigkeit mit unterschiedlichen Ausschlägen, stets an denselben Gleisstellen. Kräfte- und Bewegungsbilder sind also nicht so sehr von der Zeit als vom Ort beeinflußt. Es ist daher zweckmäßig, dem Registrierpapier einen wegababhängigen Vorschub zu geben, damit man für den gleichen Streckenabschnitt die gleichen Papierlängen erhält. Außerdem muß eine feste Beziehung geschaffen werden zwischen dem aufgenommenen Meßstreifen und dem betreffenden Streckenabschnitt, um gegebenenfalls durch geometrische Nachmessungen am Gleis die Gründe für auffällige Besonderheiten auf dem Meßstreifen zu finden. Die Technik der Versuchsdurchführung ist also die, daß ein gegebenes Fahrzeug mit steigenden Fahrgeschwindigkeitsstufen auf denselben Gleisabschnitten untersucht wird.

Sollen die lauftechnischen Auswirkungen baulicher Änderungen am Laufwerk festgestellt werden, so ist eine zuverlässige Vergleichsbasis nur gegeben, wenn die Versuche einmal auf dem gleichen Abschnitt und zum zweiten unter ähnlichen Witterungsbedingungen — mit Rücksicht auf die Reibungsverhältnisse zwischen Rad und Schiene sowie auf die Lage des Oberbaues selbst (Frostauftrieb usw.) — vorgenommen werden.

Die für die Versuche vorgesehenen Änderungen am Laufwerk des Versuchsfahrzeuges müssen daher bereits bei der versuchsmäßigen Ausrüstung der Lokomotive in der Werkstatt weitestgehend vorbereitet sein, damit die eigentliche Umstellung während der Versuchsfahrten nur kurze Zeit benötigt und das ganze Fahrtenprogramm, um es unter möglichst gleichen äußeren Bedingungen abzuwickeln, zusammengedrängt wird.

Bei der Beurteilung der Meßergebnisse ist neben den Grenzwerten der einzelnen Drücke und Bewegungen sehr wichtig — wenn nicht überhaupt am wichtigsten — das Gesamtbild des Ineinandergreifens der laufwerksmechanischen Vorgänge. Das erfordert eine möglichst große Zahl gleichzeitig aufzuzeichnender Messungen.

Auf die eben geschilderte Eigenart der Versuche war bei dem Aufbau des Meßwagens für Laufsicherheitsprüfung und des zugehörigen Beiwagens (des Werkstattwagens) Rücksicht zu nehmen unter Beachtung der meßtechnischen Erfordernisse, wie sie in dem Abschnitt über Meßmethode und Meßgenauigkeit des näheren erörtert wurden. Es waren also folgende Vorkehrungen zu treffen:

1. Schalt- und Registriermöglichkeit für möglichst viele Meßstellen;
2. eine zuverlässige Ortsmarkierung, die bis zu der höchsten Fahrgeschwindigkeit ohne Verzögerung und einwandfrei arbeitet;
3. feste Verlegung der Meßleitungen innerhalb des Wagens mit großen Querschnitten und wenigen, zuverlässigen Klemmstellen;
4. Verwendung von Steckern mit geringem Übergangswiderstand, wo lösbare Verbindungen nicht zu umgehen sind oder Umschaltung erforderlich wird;

5. Einbau einer Stromquelle genügender Ah-Kapazität (Akku-Batterie) und einer Ladeanlage, um während der Versuche von örtlichen Stromverhältnissen unabhängig zu sein;

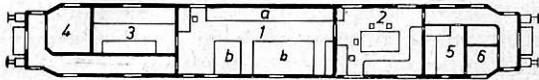
6. Schaffung einer Möglichkeit zum Weiterverarbeiten der Bildstreifen unmittelbar nach der Aufnahme, um sofort das Meßergebnis überschauen und gegebenenfalls Fehlmessungen durch eine Wiederholungsfahrt berichtigen zu können;

7. Akustische und optische Verständigung zwischen Versuchsfahrzeug und Meßraum sowie Werkstattwagen;

8. Arbeits- und Unterkunftsräume für die Zugbesatzung.

Meßwagen

- 1 = Meßraum. 2 = Beratungsraum. 3 = Dunkelkammer.
4 = Trockenkammer. 5 = Aufenthaltsraum. 6 = Toilette.
a = Schaltschrank. b = Oszillografen.



Werkstattwagen

- 1 = Werkstatt. 2 = Beratungsraum. 3 = Küche. 4 = Schlafräume.
5 = Kabelkammer. 6 = Motorenraum. 7 = Toilette.

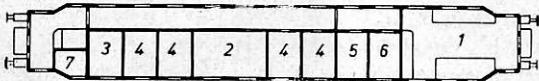


Bild 11. Meßwagen und Werkstattwagen.

Bild 11 zeigt den Grundriß des Meßwagens und des Werkstattwagens.

Der Meßwagen in seiner gegenwärtigen Gestalt ist nach verschiedenen Umbauten entsprechend den Bedürfnissen, wie sie sich aus den Versuchsfahrten ergeben haben, aus einem eisernen Packwagen entstanden. Der Werkstattwagen ist ein ausgemusterter Schlafwagen.

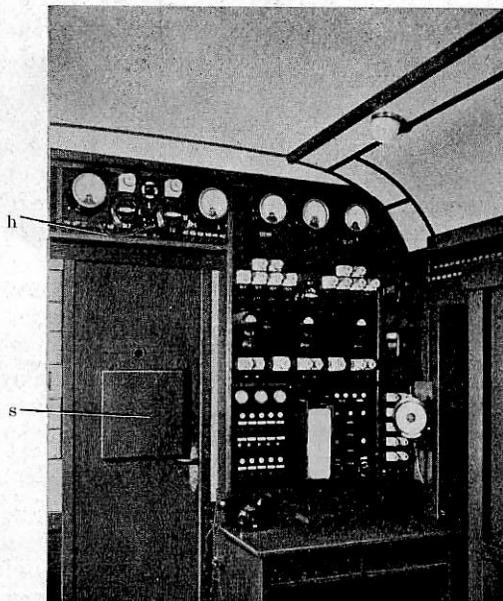


Bild 12. Meßraum.

Naturgemäß ist der wichtigste Teil des Meßwagens der Meßraum. Bild 12 gibt dessen Ansicht vom Arbeitsabteil, Bild 13 von der entgegengesetzten Seite aus. Das Bild beherrschen die Oszillografen an der einen und der Meßschrank an der anderen Längswand.

Die drei Achtschleifenoszillografen sind in zwei Gruppen aufgeteilt. Sie ruhen auf standfesten Stahlrohrgestellen, die mit Holz verkleidet sind, um dem Raum ein

einheitliches Äußeres zu geben. In der Holzverschalung ließen sich auch die Vorschaltwiderstände für die Bogenlampen, die Zeitgebermaschine, die Schaltungsverteiltafeln und anderes unterbringen.

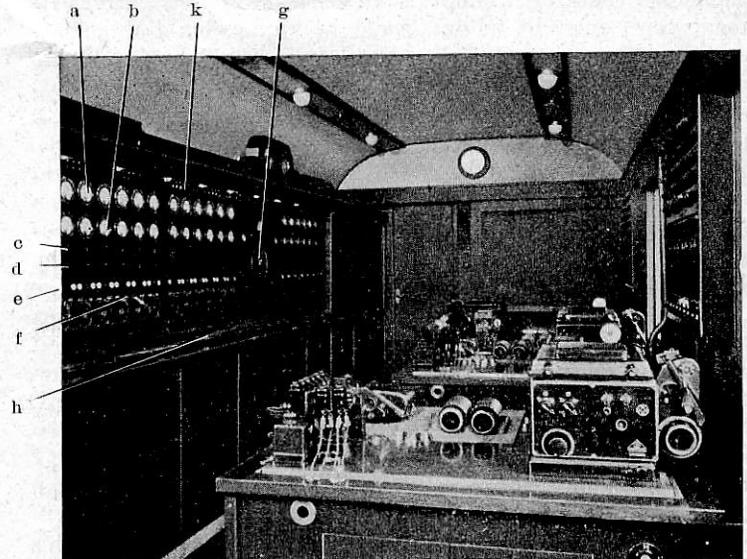


Bild 13. Meßraum.

Fahrerschütterungen des Wagens werden von den Oszillografen ferngehalten durch Zwischenschaltung einer doppelten Gummifederung zwischen Wagenfußboden und Oszillografen Grundplatte.

Mit ihren 24 Schleifen ermöglichen die drei Oszillografen das gleichzeitige Aufzeichnen von 24 Meßvorgängen. Ihre Arbeitsweise dürfte aus dem Schrifttum hinreichend bekannt sein. Der gemeinsame Vorschub des Registrierpapiers wird abgenommen von einer Achse des Meßwagens über ein Schneckengetriebe und ein Stirnradwendegetriebe mit Norton-Schwinge zur Änderung des Papiervorschubes. Das Getriebe ist ebenfalls in die Holzverschalung eines Oszillografengestelles eingebaut.

An eine Zwischenwelle des Wegantriebes ist ein kleines Reibradgetriebe mit drei verschiedenen Gängen angeschlossen, das eine Nockenscheibe treibt. Der Nocken schließt in regelmäßigen Abständen einen Hilfsstromkreis. Die hierdurch hervorgerufenen Stromstöße betätigen den Anker eines elektromagnetischen Relais, an dem ein kleiner Spiegel befestigt ist. Ein auf diesen fallender Lichtstrahl wird ähnlich wie bei der Oszillografenschleife abgelenkt; es entstehen auf dem Meßstreifen wegabhängige Marken. Mit Hilfe der drei Gänge und Feinregelung durch Verschieben des Reibrades (Ausgleich der Änderung im Durchmesser der antreibenden Achse während des Betriebes oder nach Abdrehen) läßt sich die Marke auf bestimmte Wegabstände (10, 20, 30 m) zuverlässig festlegen.

Zur genauen Ortsmarkierung wird ein induktives Verfahren benutzt. Seine Wirkungsweise geht aus Bild 14 hervor. An einem Meßwagendrehgestell ist möglichst nahe der Schienenoberkante eine Spule mit U-förmigem Weicheisenkern be-

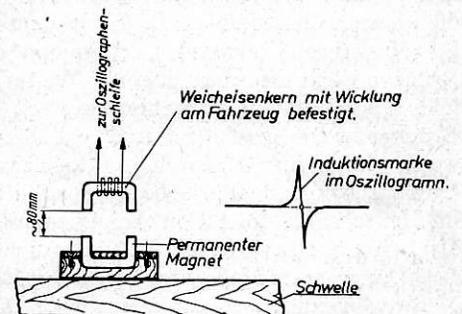


Bild 14. Ortsmarken.

festigt, die Enden der Spulenwicklung sind über einen Vorschaltwiderstand und eine Oszillografenschleife kurzgeschlossen. An bestimmten, zu kennzeichnenden Gleisstellen werden auf die Schwellen Dauermagnete gelegt, deren Form mit der des Spulenkerns übereinstimmt. Beim Überfahren eines „Streckenmagneten“ entsteht in der Spulenwicklung eine Induktionsspannung von veränderlicher Größe; die Oszillografenschleife zeichnet auf dem Meßstreifen eine Induktionsmarke entsprechend Bild 14. Diese Markierung ist, da sie ohne Kontakte arbeitet, bei allen Fahrgeschwindigkeiten zuverlässig.

Die Zeitmarkierung auf dem Meßstreifen wird von einem induktiven Spiegelrelais geschrieben. Dieses erhält seine Stromimpulse über eine Nockenscheibe, die von einem Gleichstrommotor (der Zeitgebermaschine) angetrieben wird. Die Drehzahl hält ein Fliehkraftregler auf gleicher Höhe.

Die Leitungen von den verschiedenen Gebern am Versuchsfahrzeug werden in Sammelkästen zusammengeführt und gehen von da gruppenweise in lederumkleideten, 24-adrigen Sammelkabeln zu den Steckdosen in der Meßwagenstirnwand. Von hier aus liegen fest verlegte Leitungen, die an Siemensklemmen (k) auf den Meßschranktafeln münden (s. Bild 12 und 13) und gleichzeitig weitergeführt sind zu entsprechenden Steckdosen an der entgegengesetzten Stirnwand des Meßwagens. Diese können bei Bedarf durch ein Zwischenkabel bis in den Werkstattwagen verlängert werden.

Der Meßschrank enthält die Brückenweiche der elektrischen Geberschaltung, soweit sie nicht außerhalb des Meßwagens liegen (s. Bild 6). Auf den Schalttafeln sieht man untereinander das zu jeder Brücke gehörige Vorstromampere-meter (a), ein Milliampere-meter (b), das beim Brückenabgleichen an Stelle der empfindlichen Oszillografenschleife geschaltet wird, die Drehknöpfe (c) zum Einstellen des Brückenvorschaltwiderstandes und (d) des Spannungsteilerabgriffes. Außerdem befinden sich auf demselben Felde die Vorstromschalter (e) und die Stecker (f) zur wahlweisen Schaltung des Abgleichinstrumentes und der Meßschleife. Ferner gehören zu jeder Brücke zwei verschiedenfarbige Merklampen mit der laufenden Nummer der Brücke, die aufleuchten, wenn der Vorstrom eingeschaltet oder der Stecker auf Meßschleife gesteckt ist. So hat man sofort Übersicht, ob alle zur Aufzeichnung vorgesehenen Meßstellen eingeschaltet sind.

Nebeneinander liegen insgesamt 36 Brücken. Die über die Anzahl der verfügbaren Oszillografenschleifen hinausgehende Brückenzahl ist notwendig, weil an dem Versuchsfahrzeug oft mehr als 24 Meßvorgänge von Bedeutung sind, die gruppenweise gemessen und daher zweckmäßig bereits vor Versuchsbeginn fertig geschaltet werden.

Im Mittelfeld der Schalttafel münden noch weitere, von den Stirnwänden des Meßwagens kommende Hilfsleitungen (h), die an keine bestimmten Brücken gebunden sind. Sie werden für Messungen verwendet, zu denen die Wheatstoneschen Brücken nicht erforderlich sind. Weiterhin enthält das Mittelfeld eine Widerstandsmeßbrücke (g), auf die die äußeren Brückenweiche geschaltet und auf ihren Widerstand geprüft werden können. Hierdurch ergibt sich vom Meßwagen aus eine laufende Kontrolle der Geber. Unterhalb der Schalttafeln sind im Meßschrank die 4 Volt-Akkumulatoren untergebracht, die als Stromquellen für die Brücken dienen.

Der gesamte Meßschrank ruht auf Rollen und kann von der Meßwagenwand abgefahren werden. Die Schaltung ist damit von der Rückseite her für notwendige Arbeiten zugänglich (Bild 15). Nach Abschluß der Meßfahrten werden die Schalttafeln durch Rolljalousien gegen Beschädigen und Verstauben geschützt.

Die beim Oszillografieren anfallenden Bromsilber-Registrierstreifen gelangen durch die in Bild 12 sichtbare Lichtschleuse (s) in die an den Meßraum anschließende Dunkel-

kammer und werden sofort entwickelt. Zum Trocknen der Filme ist in einem weiteren Nebenraum (siehe Grundriß) eine elektrische Trockenmaschine aufgestellt.

Für die Oszillografenbogenlampen und die Trockenmaschine ist Gleichstrom von 110 Volt Spannung vorgesehen, für die Wagenbeleuchtung ein 24-Volt-Netz, für die Brückenschaltungen, wie bereits gesagt, 4 Volt Gleichstrom.

Die drei Oszillografen mit einem Stromverbrauch von 25 A und die Trockenmaschine mit einem solchen von 20 A erfordern reichlich bemessene Akkumulatoren-Batterien. Dementsprechend sind in Kästen unter dem Meßwagenfußboden zwei Bleiakkumulatorenbatterien von 160 Ah untergebracht, eine weitere gleichartige im Werkstattwagen. Diese Stromquellen können je nach Bedarf parallel oder hintereinander geschaltet werden. Ihre Ladung ist möglich unmittelbar vom Ortsgleichstromnetz oder von einem Wechselstromnetz aus über einen Umformersatz im Werkstattwagen, bestehend aus einem Drehstrommotor und einer 7,5 KW-Gleichstromdynamomaschine. Diese kann auch von einem 2-Takt-Benzinmotor entsprechender Leistung angetrieben werden. Von dem Umformersatz lassen sich die Bogenlampen und die Trockenmaschine auch unmittelbar speisen. Die Verbindung zwischen Umformersatz und Schalttafel im Meßraum geht über 60-A-Steckdosen in den Stirnwänden der beiden Wagen und ein kurzes Zwischenkabel.

Für die Wagenbeleuchtung steht eine 24 V-Akkubatterie zur Verfügung, die beim Fahren in der üblichen Weise von einem Achsgenerator aufgeladen wird. Reicht dieses Laden nicht aus, so ist eine zusätzliche Lademöglichkeit vom Ladeaggregat des Werkstattwagens aus gegeben. Außerdem kann der Beleuchtungsstrom bei stehendem Wagen nach Abschalten der Batterie über einen im Meßwagen eingebauten Transformator dem Ortsnetz entnommen werden.

Die 4 Volt-Brückenakkumulatoren werden in der nötigen Anzahl hintereinandergeschaltet und dann von der 110 Volt-Batterie im Werkstattwagen geladen.

Die zur Bedienung und Überwachung der einzelnen Stromkreise erforderlichen Instrumente, Sicherungen und Schalter sind zentral auf der in Bild 12 neben und über der Dunkelkammertür sichtbaren Schalttafel angeordnet. Man hat von hier aus die Möglichkeit, durch herausgeführte Anzapfungen der 110 und der 24 Volt-Batterien für Sonderzwecke erforderliche Zwischenspannungen abzunehmen.

Unterhalb dieser Schalttafel sieht man den „Kommandotisch“. Auf der Schalttafel vor diesem sind untergebracht in der Mitte ein schreibender Geschwindigkeitsmesser, links die Betätigungsschalter für die Hilfsstromkreise (Wegmarke, Zeitgeber usw.) mit den zugehörigen Merklampen, rechts davon die „Befehlsanlage“.

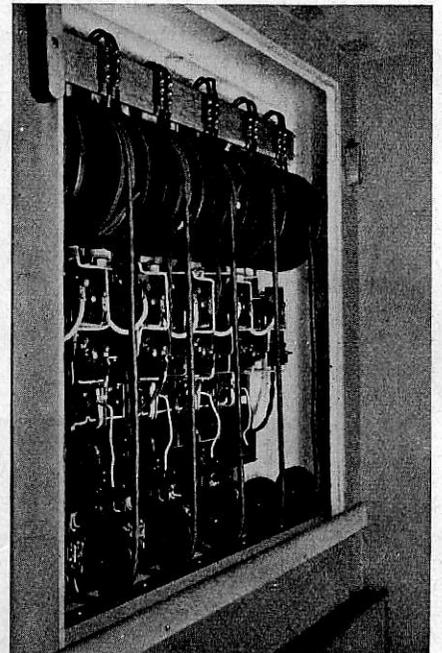


Bild 15. Rückseite des Meßschrankes.

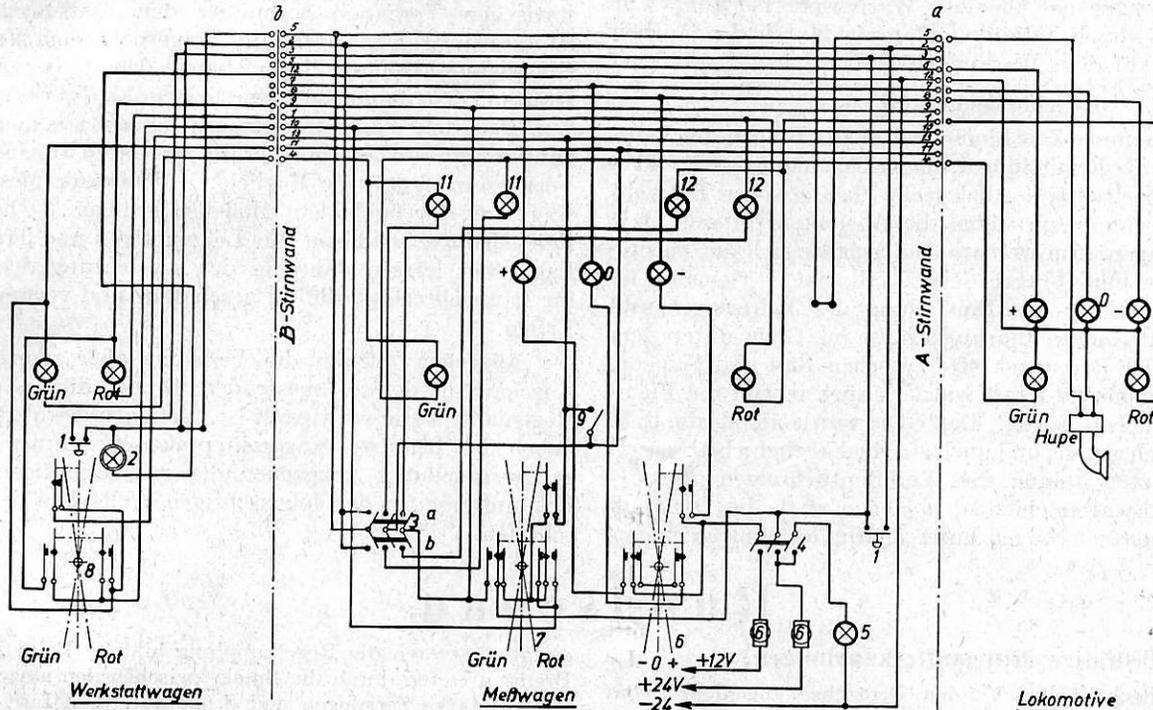
Da auf mehrgleisigen Strecken aus den oben erwähnten Gründen (Gleiseinflüsse) durchweg nur in einer Fahrtrichtung gemessen wird, andererseits ein Abkuppeln der Versuchlokomotive mit Rücksicht auf Meßgenauigkeit und Zeitersparnis vermieden werden muß, wird der Meßzug bei der Rückfahrt zum Ausgangspunkt geschoben. Deshalb ist das eine Ende des Werkstattwagens als Führerstand mit Führerbremseventil, Bremsmanometern, Geschwindigkeitsmesser, elektrischem Läutewerk, Drucklufthupe, Spitzenbeleuchtung usw. ausgerüstet.

Von diesem Führerstand aus müssen der schiebenden Lokomotive Fahr- und Haltauftrag erteilt werden können; ebenso ist während der eigentlichen Versuchsfahrt eine eindeutige und Mißverständnisse ausschließende Verständigung

zeitig mit der optischen Signalgebung zu betätigendes Boshorn angekündigt.

Da es bei Vergleichsversuchen auf genaues Einhalten der Fahrgeschwindigkeit in den Meßabschnitten ankommt, ist eine weitere optische Signalgebung vom Kommandotisch zur Versuchlokomotive vorgesehen, die mit den Begriffen + (schneller fahren), 0 (Geschwindigkeit beibehalten) arbeitet. Diese drei Signallampen sowie die beiden Fahrtregelungslampen und das Boshorn sind in einem gemeinsamen handlichen Kasten untergebracht und auf dem Lokomotivführerstand in Augenhöhe des Lokomotivführers befestigt.

Wird ohne Werkstattwagen gefahren, d. h. also ohne die beiden Befehls Lampen auf dem Werkstattwagenführerstand,



- 1 = Druckschalter für Hupensignal.
- 2 = Merklampe für Hupensignal.
- 3 = Gruppenschalter für A oder B Stirnwandseite.
- 4 = Schalter für 12 und 24 Volt.
- 5 = Merklampe für eingeschaltete Anlage.
- 6 = Umschalter für + 0 -.

- 7 = Befehlsschalter im Meßwagen.
- 8 = Befehlsschalter im Werkstattwagen.
- 9 = Überbrückungsschalter
- 10 = Ersatzlampen + 0 -
- 11 = Ersatzlampen Grün
- 12 = Ersatzlampen Rot

für
fehlenden
Werkstatt-
wagen.

- Rot = Halt.
- Grün = Fahrt frei.
- + = Schneller fahren.
- 0 = Geschwindigkeit halten.
- = Langsamer fahren.

Bild 16. Optische Befehlsanlage.

zwischen Meßraum und Lokomotive erforderlich. Diese Aufgaben löst die optisch arbeitende Befehlsanlage. Ihre Schaltung zeigt Bild 16. Sie arbeitet mit drei jeweils hintereinandergeschalteten Grünlampen (Freie Fahrt) und drei entsprechenden Rotlampen (Halt). Je eine Lampe befindet sich auf der Lokomotive, auf der Kommandoschalttafel im Meßraum und auf dem Führerstand im Werkstattwagen. Die Befehls Lampen können vom Meßraum und vom Führerstand im Werkstattwagen aus betätigt werden. Die Betätigungsschalter haben Grün-, Rot- und Mittelstellung. Bei Ausfall einer Lampe wird der gesamte zugehörige Stromkreis spannungslos, so daß die Störung sofort an der Kommandostelle bemerkt wird. Ferner ist in der Schaltung eine elektrische Verriegelung derart vorgesehen, daß bei Haltauftrag von einer der beiden Kommandostellen (Rotlampe) von der anderen in keiner Befehlsschalterstellung Fahrtauftrag (Grünlampe) gegeben werden kann. Damit sind Mißverständnisse im Gefahrfalle ausgeschlossen. Änderungen des Signalbildes werden dem Lokomotivführer durch ein von den Kommandostellen gleich-

die zum Arbeiten der Anlage notwendig sind, so werden durch einen Schalter zwei Ersatzlampen auf der Schalttafel über dem Kommandotisch des Meßwagens eingeschaltet. Hierdurch wird die Anlage wieder elektrisch vollständig.

Als weiteres Mittel zur Verständigung innerhalb des gesamten Meßzuges dient eine durchgehende Fernsprechleitung mit den notwendigen Sprechapparaten.

Vom Meßraum gelangt man unmittelbar in einen wohnlich gehaltenen Arbeitsraum, der auch für Besprechungen in größerem Kreise geeignet ist.

Für den Zugbegleiter (Zugführer) ist ebenfalls ein Abteil vorgesehen, das außerdem als Schrankraum dient. Der Aufbau des Zugführerabteils ist ausgenutzt zur Unterbringung der für die Dunkelkammer und die Warmwasserheizung des Meßwagens notwendigen Wasservorräte.

Die Seitengangwand auf der Meßraumseite des Wagens enthält flache Schränke zum Aufbewahren der Meßdosens u. a.

Für Entlüftung, vor allem des Meßraumes, bei länger dauernden Messungen ist Sorge getragen durch eine Luft-

absauganlage, deren Ventilator in der Dunkelkammer montiert ist.

Die ursprünglich im Meßwagen vorhandene Werkstatt wurde in den Trockenraum umgewandelt, da in dem allgemein auf Versuchsfahrten mitgeführten Werkstattwagen ein genügend großer und mit den nötigen Werkzeugen ausgestatteter Arbeitsraum für die Bedienungsmannschaften vorhanden ist.

Der Reihe nach schließen sich an diesen der Motorenraum, ein Lagerabteil, fünf Aufenthaltsräume für die Begleitmannschaft und ein Küchenabteil an. Alle diese Räume sind je für sich zugänglich vom Seitengang. Von diesem aus wird auch die Schalttafel des Ladeaggregates im Motorenraum mit den zugehörigen Betätigungs- und Sicherheitsschaltungen bedient. Der Werkstattwagen hat ebenfalls Warmwasserheizung. Für die Möglichkeit von Rundfunkempfang ist durch den Aufbau einer Antenne auf dem Wagendach gesorgt.

7. Schlußbemerkungen.

Bis in die neueste Zeit hinein waren alle Fragen der Laufsicherheit sowie der Ermittlung der beim Bogenlauf auftretenden Kräfte ein unbestrittenes Alleinrecht theoretischer Betrachtungen und Rechnungen, wobei die Ansichten oft sehr weit auseinander gingen. Im wesentlichen befaßte sich die Theorie des Bogenlaufes mit Fragen seiner „Statik“. Gemeint ist damit die Ermittlung der Einstellung des Fahrzeuges und der an ihm wirkenden Führungskräfte im Gleis unter dem Einfluß allein der Reibungskräfte zwischen Rad und Schiene. Als einzige dynamische Kraft wurde berücksichtigt die Fliehkraft im eigentlichen Bogen. Das Gleis wurde als ideale, d. h. als mathematisch genaue und unelastische Fahrbahn betrachtet.

In den letzten Jahren sind Veröffentlichungen (Uebelacker, Heumann) erschienen, in denen auch die Dynamik bei Gleisrichtungsänderungen unter Zugrundelegung angenom-

mener Werte für das elastische Verformungsvermögen von Fahrzeug und Oberbau rechnerisch angefaßt wird.

Diese Arbeiten sind die Grundlagen der betriebsmäßigen Forschungen. Sie können aber wegen der Fülle verschiedenartiger Einflüsse, die kein Rechnungsansatz vollständig erfassen kann, kaum jemals eine vollbefriedigende Antwort auf alle Fragen der Laufdynamik und ihre Auswirkungen geben. Denn weder sind Gleis und Fahrzeug ideal und unelastisch, noch sind diese Einflüsse irgendwie in den Rahmen allgemein gültiger Gesetze zu zwingen. Außerdem überlagern sich den unmittelbaren Laufeinflüssen u. U. störende Bewegungen, herrührend vom Antrieb der Gleisfahrzeuge selbst.

Mit Steigerung der Fahrgeschwindigkeiten treten die statischen Vorgänge gegenüber den dynamischen in den Hintergrund. Damit tritt die Frage nach dem Verhalten von Eisenbahnfahrzeugen beim Lauf, den dabei auftretenden Kräften, den dynamisch günstigsten Laufwerksanordnungen, den Gleis- und Fahrzeugbeanspruchungen aus dem Gebiet der theoretischen in das der betriebsmäßigen Forschung. Voraussetzung für die Möglichkeit derartiger Messungen sind aber gut durchgebildete Meßeinrichtungen. Diese hat das Reichsbahnversuchsammt für Lokomotiven und Triebwagen im Laufe der letzten Jahre in der Einrichtung des Meßwagens für Laufsicherheitsprüfung geschaffen und verwendet sie mit Erfolg.

Ausgehen müssen die Versuche aber immer von einer Anschauung der zu messenden Dinge, die in der exakten Bogenlauftheorie verwurzelt ist. Aufgabe des Versuches ist es, neben der Beantwortung rein praktischer Fragen diese Ausgangsanschauung gegebenenfalls zu berichtigen und neue Erkenntnisse für den folgerichtigen Weiterbau der Theorie zu schaffen.

Rundschau.

Selbsttätige Mittelpufferkupplungen.

In der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure vom 19. Oktober 1940 berichtet ORR. Schröder über den gegenwärtigen Stand der Entwicklung der selbsttätigen Mittelpufferkupplungen für Eisenbahnfahrzeuge. Nach einleitenden Ausführungen über die bisherige Verbreitung derartiger Kupplungen und ihre Vorteile für den Betrieb, die an dieser Stelle als bekannt vorausgesetzt werden können, erwähnt er die für eine allgemeine Einführung bei den europäischen Bahnen wichtigen Bestimmungen des Internationalen Eisenbahnverbandes. Weiter werden die Schwierigkeiten besprochen, die die in Europa übliche Bauart der Fahrzeuge mit Seitenpuffern einer allgemeinen Einführung einer Mittelpufferkupplung, sowohl in technischer wie vor allem geldlicher Hinsicht, bereitet. So ist es zu erklären, daß in Europa bisher die selbsttätigen Kupplungen nur in Sonderfällen für bestimmte in sich geschlossene Verkehrsaufgaben wie z. B. Stadtbahnen, Triebwagen und dergl. verwendet werden, und eine allgemeine Einführung, von politischen Gesichtspunkten ganz abgesehen, in absehbarer Zeit nicht in Betracht kommt.

Zur technischen Ausführung der Kupplungen übergehend muß man zwei Gruppen, die beweglichen und die starren Bauarten, unterscheiden. Bei den beweglichen Kupplungen können sich die Kupplungsköpfe auch im gekuppelten Zustande in der senkrechten Richtung gegeneinander verschieben um den Höhenunterschied zwischen den einzelnen Fahrzeugen auszugleichen. Gegen das Fahrzeuguntergestell kann sich die Kupplung dagegen nur in waagerechter Ebene um einen Zapfen drehen. Wegen der Höhenverschieblichkeit der Kuppelköpfe können Luft- und Steuerleitungen bei diesen Bauarten nicht mitgekuppelt werden.

Bei den starren Bauarten sind die Kuppelköpfe mit einem Kreuz- oder einem Kugelgelenk im Untergestell gelagert. Sie bilden in gekuppeltem Zustand eine starre Verbindung und Luft- und Steuerleitungen können ohne weiteres mitgekuppelt werden.

Die größte Verbreitung hat die zur beweglichen Gruppe gehörige Klauenkupplung von Janney gefunden, die in den Ver-

einigten Staaten die Regelkupplung bildet. Beim Anfahren und Bremsen treten durch die Spiele zwischen den einzelnen Kuppelköpfen starke Zerrungen und Stöße auf. Um Luft- und Steuerleitungen ebenfalls zu kuppeln hat man die Bauart durch Anfügung von Zentrierflächen zu einer starren Kupplung umgestaltet. In dieser Form findet sie als OB.-Muster (Ohio Brass Co.) beispielsweise für elektrische Triebwagenzüge Verwendung.

Da der seitliche Griffbereich der amerikanischen Mittelpufferkupplungen verhältnismäßig klein ist, werden in Amerika die Fahrzeuge nur mit einem wesentlich kleineren Überhang als er in Europa üblich gebaut.

Eine auch in Deutschland bei Großgüterwagen versuchte bewegliche Kupplung ist die von Willison, die auch bei französischen Triebwagen verwendet wird.

Unter den starren Kupplungen hat die von Scharfenberg die stärkste Verbreitung gefunden, nicht nur für verschiedene Verwendungsgebiete bei der Deutschen Reichsbahn, sondern z. B. auch für die Triebwagenzüge der Niederländischen Eisenbahnen. Aufbau und Wirkungsweise der Kupplung kann hier ebenfalls als bekannt vorausgesetzt werden. In der bei der Deutschen Reichsbahn verwendeten Form entspricht die Kupplung nicht allen internationalen Bedingungen, da neben zu geringem Griffbereich die verlangte Pufferstellung des Verschlusses fehlt. Zur Vergrößerung des Griffbereiches kann jedoch bei Drehgestellwagen der Seitenausschlag der Kupplung im gekrümmten Gleis durch das Drehgestell gesteuert werden.

Für Triebwagen ist die Kupplung zur vollselbsttätigen Bauart ausgestaltet worden, bei der neben der Kupplung der Luft- und Steuerleitungen auch eine Lösung der Kupplung vom Führerstand aus möglich ist. Zum Abschleppen liegende Triebwagen ist eine besondere Abschleppkupplung entwickelt worden, die auf den Zughaken der Lokomotive aufgesetzt wird und beim Gegenfahren mit dem Kuppelkopf des Triebwagens kuppelt.

Weiter werden noch zwei weitere weniger bekannte starre Bauarten beschrieben, die Simplex- und die Compactkupplung. Beide

Bauarten kuppeln gleichzeitig auch die Luftleitungen. Außerdem wird die Ausbildung geeigneter Zug- und Druckgeschirre und die Frage der Laufruhe behandelt, die durch den Fortfall der Seitenpuffer eine besondere Ausbildung und Berücksichtigung erfordern. (Z. VDI. 1940, Nr. 42.) Dr. W. Lübsen.

Röntgenuntersuchung von Holzmasten.

Detroit Edison Co. hat mit Röntgenuntersuchungen von Holzmasten ihrer Kraftlinien begonnen. Sie benützt einen leichten tragbaren Apparat. Aus Lichtbildern kann man feststellen, wie weit die Fäulnis vorgeschritten ist, dabei kann man die Stärke des Mastes bestimmen.

Eine Reihe von Masten wurde erst mittels Bohrung und danach mittels Röntgen geprüft. Nachdem die Stärke nach dem Lichtbild berechnet war, wurden die Masten bis zum Bruch belastet. Es zeigte sich, daß die Berechnungen bis auf 16% genau waren. 75 Masten werden täglich untersucht. Maste, die sich augenscheinlich als unbeschädigt erweisen, werden übersprungen.

Die Röntgenprüfung ist teurer als die Bohrprüfung, aber sie lohnt sich gleichwohl, weil damit die Anzahl der Auswechslungen, die sonst aus Vorsichtsgründen vorgenommen werden müßten, sich verringern. Die Ergebnisse zeigen, daß 70% der Masten, die sonst ausgewechselt worden wären, noch weitere 3 Jahre behalten werden konnten. Andererseits fand man, daß 20% der Masten, die bei der allgemeinen Besichtigung noch als gut befunden wurden, nach der Röntgenuntersuchung ausgewechselt werden mußten. Man wendet einen Westinghouse Diodes Röntgenapparat für 85 kW und 15 mA mit einem Gewicht von 30 kg an. Die Lichtbilder wurden mit einer aufgestellten „Normalskala“ von Bildern, die die Stärke nach weiteren 3 Jahren angab, verglichen. Auf Grund der Erfahrung aus diesen Untersuchungen glaubt man, die Stärke bei einem älteren Holzmast ebenso zuverlässig bestimmen zu können wie bei einem neuen. Dr. Saller. (El. World).

Pyrotechnische Signalkerzen.

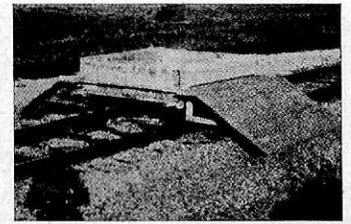
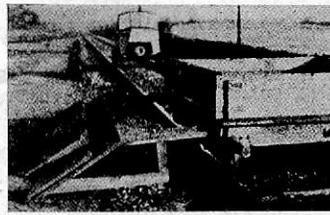
In USA. werden zur Deckung auf der Strecke zum Halten gekommener Züge „pyrotechnische Kerzen“ angewendet. Die Kerzen sind äußerlich runde Papphülsen, die mit einem pyrotechnischen Satz gefüllt sind. Sie sind 270 bis 280 mm lang, haben 24 mm Durchmesser und sind mit einer Zündmischung gefüllt, die durch einen Pappverschluß geschützt ist. Das andere Ende der Hülse hat einen Holzpfropfen mit einem 40 mm vortretenden, scharfen Drahtstift. Die Hülse mitsamt dem Verschluß ist mit einem wasserdichten Lack gestrichen. Die Kerze wiegt etwa 210 g. Wenn man die Kerze anzünden will, nimmt man den Verschluß ab, stößt den Drahtstift in eine Holzschwelle und zündet die Zündmasse an. Je nach dem Kerzensatz gibt die Kerze 10 Min. lang rotes oder gelbes Licht von 25 bis 100 Kerzenstärken. Eine solche helle Signalfackel ist bei Nacht auf 2 bis 3 km und weiter sichtbar. Auch bei leichtem Nebel sieht man sie auf Hunderte von Metern, sie schützt also einen auf der Strecke stehen gebliebenen Zug gut.

Auch die Sowjetbahnen machen Versuche mit pyrotechnischen Kerzen, die sie in eigenen Fabriken herstellen. Dr. Saller.

Schutz der Bettung gegen Beschmutzung.

Daß die Bettung, besonders Schotter, zur Wahrung seiner Wasserdurchlässigkeit des Schutzes gegen Verunreinigungen bedarf,

ist bekannt. In den letzten Jahren wurden gewisse schwedische Hauptlinien in größerem Umfang beschottert. Im Zusammenhang



Vorrichtung zum Schutz der Bettung gegen Verunreinigung.

mit Beschotterungsarbeiten kommen oft auch Auf- und Abladungen erdiger Massen vor. Dafür wurden in einer Reihe schwedischer Bahnbezirke Bahnmeisterwagen mit der aus den Abbildungen hervorgehenden, abnehmbaren Vorrichtung verwendet, deren Bau und Anwendung sich aus den Abbildungen von selbst erklärt. Dr. Saller.

Statsbaneingenjören.

Das Spanische Nationale Eisenbahnnetz.

Das Spanische Nationale Eisenbahnnetz (Renfe = Abkürzung für Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles) wurde mit Gesetz vom 24. Januar nach dem Vorbild anderer Länder, wie Deutschland und Frankreich, ins Leben gerufen. Es umfaßt alle Strecken mit der spanischen Regelspur von 1676 mm, nämlich die bisher selbständigen Bahngesellschaften:

Nordbahn	Alcantarilla—Lorca
Madrid—Zaragossa—Alicante	Baza—Guadix
Westbahn	Valencia—Aragón
Andalusische Bahnen	Silla—Cullera
Central de Aragón	Villacañas—Quintanar
Santander—Mediterráneo	Cinco Casas—Tomelloso
Zafra—Huelva	Bilbao—Portugalete
Lorca—Baza	Villaluengua—Villaseca
Torralba—Soria	Desierto—San Julián de Musques
Zafra a Portugal	

sowie die bisher vom Staate betriebenen Bahnen:

Murcia—Caravaca	Puebla de Hija—Alcañiz
Sevilla—Alcalá y Carmona	Lérida—Balaguer.

Die Gesamtlänge des Netzes beträgt rund 12380 km. Davon sind rund 1600 km zweigleisig und 630 km elektrifiziert. Größere Werkstätten befinden sich in Madrid, Villaverde, Barcelona, Valladolid und Valencia. Über das rollende Material, Einnahmen, Ausgaben und Personal liegen nur Angaben aus der Zeit vor dem Bürgerkrieg, nämlich aus dem Jahre 1935, vor. Damals besaßen die erwähnten Bahnen zusammen 3200 Dampf- und 74 elektrische Lokomotiven nebst 105 Triebwagen, 5300 Personen- und 66000 Güterwagen; die Gesamtzahl der Angestellten war 103400. Das R.N.F.E. ist bei weitem das größte technische Unternehmen Spaniens. Die Direktionen der einzelnen Bahnen sollen noch sechs Monate im Amte bleiben; sie werden aber jetzt schon von einem Verwaltungsrat der R.N.F.E. überwacht.

Ferr. y Tranv., Febr. 1941.

Dr. Schneider.

Bücherschau.

Einflüsse auf Beton. Die chemischen, mechanischen und sonstigen Einwirkungen auf Beton sowie die Beeinflussung der zugehörigen Eigenschaften. 4. Auflage, 289 Seiten mit 110 Abbildungen. Herausgegeben von Prof. Dr. Ing. A. Kleinlogel, unter Mitwirkung von Dr. Ing. e. h. Fr. Hundeshagen, Dr. Ing. K. Walz und Obering. Fr. Weise. Berlin 1941. Verlag von Wilhelm Ernst & Sohn. Preis geb. 21,— RM, brosch. 19,50 RM.

Erstmals im Jahre 1924 wurde von Prof. Kleinlogel, unter Mitarbeit von Dr. Ing. e. h. Hundeshagen und Prof. Graf der Versuch unternommen, das große Gebiet der für Beton- und Eisenbetonbauten in Betracht kommenden, so zahlreichen und verschiedenartig gestalteten mechanischen und chemischen Einwirkungen der Stoffe in Buchform darzustellen. Infolge der danach einsetzenden Mitwirkung des Deutschen Betonvereins, des deutschen Ausschusses für Eisenbeton, der Reichsbahn, der Industrie u. a. konnten in der 2. Auflage des Jahres 1925 die

meisten Abschnitte ganz anders auf- und ausgebaut werden. Der Telegammstil wurde verlassen, und es wurden manche der früher nur knappen Fassungen zu ganzen Abhandlungen erweitert. Da die Erkenntnisse auf dem Gebiete „der Einflüsse auf Beton“ ständig fortschreiten, wurde im Jahre 1930 die 3. Auflage herausgebracht.

Bei der nunmehr erschienenen 4. Auflage ist das bisher Gebotene in gedrängterer Form zusammengefaßt, weitere, neue Abschnitte sind aufgenommen worden. Die lexikonartige Anordnung der einzelnen Titel und Stoffe in alphabetischer Reihenfolge erleichtert das rasche Auffinden eines Gegenstandes. Zur eingehenden Unterrichtung über Versuche, Erfahrungen und Schutzmaßnahmen ist das einschlägige Schrifttum in den Fußnoten angeführt. In den zu Beginn der neuen Auflage niedergelegten „Allgemeinen Ratschlägen“ zur Vermeidung von Schadensfällen bei Beton- und Eisenbetonbauten wird auf eine rechtzeitige Fest-

stellung der Gefährlichkeit von Bodenarten oder Wässern, die Ermittlung der Brauchbarkeit von Zuschlagstoffen oder Zementen, die versuchsweise Erprobung von irgendwelchen Verfahren, und auf eine ausreichende und sachgemäße Bauüberwachung besonders hingewiesen.

Das Buch verdient in seiner klaren Anordnung und Über-

sichtlichkeit und zufolge der allseitigen Behandlung der Eigenschaften der verschiedenen Betonarten, seiner Schutz-, Zusatz- und Anstrichmittel und der den Beton beeinflussenden chemischen und mechanischen Vorgänge durch Luft, Wasser, Säuren, Erden usw. beste Empfehlung. Es ist ein unentbehrlicher Ratgeber für den Beton- und Eisenbetonfachmann.

Eckner.

Persönliches.

Staatssekretär Kleinmann 65 Jahre.

Am 29. Mai 1941 hat der Staatssekretär im Reichsverkehrsministerium und Stellvertretende Generaldirektor der Deutschen Reichsbahn Wilhelm Kleinmann sein 65. Lebensjahr vollendet.

Kleinmann entstammt väterlicherseits einer westerwälder Bauernfamilie, die Familie der Mutter stammt aus dem Rheintal. Er studierte Bauingenieurwesen auf den Technischen Hochschulen Berlin und Hannover und bestand die erste Staatsprüfung im Juli 1900. Seine Regierungsbauführerzeit legte er bei der preußischen Eisenbahndirektion Elberfeld zurück. Nach bestandener zweiter Staatsprüfung im Jahre 1904 war er als Regierungsbaumeister bei der Eisenbahndirektion Elberfeld, der Generaldirektion der Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen in Straßburg und der Eisenbahndirektion Saarbrücken bis zum Ausbruch des Weltkrieges beschäftigt. Den Weltkrieg macht Kleinmann im Feldeisenbahndienst

mit, erst auf dem westlichen, dann auf dem östlichen Kriegsschauplatz. Das Jahr 1916 findet ihn als Betriebschef bei der Militäreisenbahndirektion in Bukarest bis zum Rückmarsch der deutschen Truppen.

In besonderem Auftrage geht er 1919 nach Moskau und St. Petersburg. Von dort geht er als Betriebschef der Militäreisenbahndirektion nach Wilna und wird gleichzeitig als Beauftragter des Feldeisenbahnchefs und des Ministers der öffentlichen Arbeiten der Deutschen Gesandtschaft in Kowno zugeteilt mit dem Auftrage, das in Litauen und Lettland ver-

bliebene Eisenbahnmaterial zu sichern und zurückzuführen.

Als Angehöriger der „Eisernen Division“ kämpft er gegen die Bolschewisten.

Im Jahre 1920 wird er Dezernent der Eisenbahndirektion Kattowitz, wo er im April 1920 zum Oberregierungsbaurat und Betriebsleiter aufrückt.

Als Angehöriger des „Deutschen Ausschusses“ und durch sein Wirken als Betriebsleiter betätigt sich Kleinmann aktiv bei der Abwehr der ober-schlesischen Aufstände.

Der Verlust von Kattowitz und Ostoberschlesien führt ihn in gleicher dienstlicher Eigenschaft im Jahre 1922 zur Reichsbahndirektion Oppeln. 1923 wurde Kleinmann zur Oberbetriebsleitung West in Essen als deren betriebstechnischer Leiter versetzt. Die Besetzung des Ruhrgebietes im Januar 1923 machte die Verlegung des Sitzes der Oberbetriebsleitung von Essen nach Wuppertal erforderlich. Hier wirkte Kleinmann in vorbildlich nationalem Sinne in dem Eisenbahnabwehrausschuß durch Stärkung des passiven Widerstandes der Eisenbahner. Seinen Maßnahmen und seinem unerschrockenen persönlichen Eintreten ist es mit zu danken, wenn der Ruhrbruch seinen beabsichtigten Zweck nicht erfüllte und an der nationalen Gesinnung der Bevölkerung des widerrechtlich besetzten Gebietes und nicht zum mindesten der Eisenbahner scheiterte.

Das Jahr 1924 brachte die Ernennung Kleinmanns zum Direktor bei der Reichsbahn. Über zehn Jahre leitete er den Betriebsdienst der Oberbetriebsleitung West und widmete sich

dabei vor allem der Umgestaltung des Güterzugfahrplanes und den damit zusammenhängenden Fragen einer wirtschaftlichen Betriebsführung insbesondere der Beschleunigung des Güterverkehrs.

Das Jahr der Machtergreifung bringt einen schnellen Aufstieg, am 1. Juni 1933 zum Präsidenten der Reichsbahndirektion Köln und am 25. Juli desselben Jahres zum Ständigen Stellvertreter des Generaldirektors der Deutschen Reichsbahn.

Soziale und personalpolitische Fragen haben Kleinmann in seiner Stellung als stellvertretender Generaldirektor im Reichsverkehrsministerium besonders am Herzen gelegen. An oberster Stelle beeinflußt Staatssekretär Kleinmann das deutsche Eisenbahn- und Verkehrswesen im Sinne einer Aufwärtsentwicklung zu einem großdeutschen und europäischen Verkehrsnetz. Das Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens dankt ihm für sein zielbewußtes, tatkräftiges Eintreten mit dem Wunsche, daß es ihm vergönnt sein möge, noch lange Jahre an führender Stelle zum Segen der großdeutschen Verkehrstechnik zu wirken. Harprecht.

Dr. Ing. Georg Sinner †.

Am 25. Mai 1941 verstarb in Tübingen, Dr. Ing. Georg Sinner, der Herausgeber des Taschenbuches „Hütte“ und der übrigen vom Akademischen Verein Hütte-Berlin herausgegebenen wissenschaftlichen Werke.

Dr. Sinner wurde am 10. April 1890 in Freiburg i. B. geboren, er studierte in München und Berlin Ingenieurwissenschaften, war von 1911 ab aktiv im Akademischen Verein Hütte und promovierte an der Technischen Hochschule Danzig. 1915 wurde er Redakteur der Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure. Von

1919 bis 1920 war er Technischer Schriftleiter an der Technischen Beilage „Kraft und Stoff-Weltverkehr“. Von 1922 ab bis zu seinem Tode führte er das Amt eines Hauptschriftleiters und Herausgebers des weltbekannten Taschenbuches des Ingenieurs „Hütte“, der „Stoffhütte“, sowie der sonstigen vom Akademischen Verein Hütte-Berlin herausgegebenen wissenschaftlichen Werke. Er verstand es trotz der stürmischen Entwicklung der gesamten Technik, insbesondere der Maschinenteknik, diese Veröffentlichungen den Bedürfnissen des schaffenden Ingenieurs dauernd anzupassen unter Wahrung des wissenschaftlichen Charakters dieser Werke; daneben fand er immer noch Zeit zur Mitarbeit in den Normenausschüssen und zu gemeinverständlicher Behandlung technisch-wissenschaftlicher Fragen in Zeitschriften und Zeitungen, zur Herausgabe der Monatsblätter des Berliner Bezirksvereins Deutscher Ingenieure und zu Buchveröffentlichungen auf dem Gebiete der Reiseliteratur („Brasilien“, 1930 und „Gefährdetes Europa“, 1932).

Für die deutsche Technik und im besonderen für den Akademischen Verein Hütte bedeutet sein Tod einen sehr schweren Verlust. Aber nicht nur ein bedeutender Ingenieur ist dahingegangen, auch ein wertvoller Mensch. Jeder, der mit ihm zu tun gehabt hat, wird seiner stets in Verehrung und Dankbarkeit als eines bescheidenen, liebenswürdigen, hilfsbereiten, treuen und guten Kameraden gedenken.

Harprecht.



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